

(51) Int. Cl. [?]

F I

テーマコード (参考)

G 0 2 B 1/10

G 0 2 B 1/10

Z

2 K 0 0 9

C 2 3 C 16/505

C 2 3 C 16/505

4 K 0 3 0

G 0 2 B 1/11

G 0 2 B 1/10

A

審査請求 未請求 請求項の数51 O L (全44頁)

(21) 出願番号 特願2003-164544 (P2003-164544)

(22) 出願日 平成15年6月10日 (2003. 6. 10)

(31) 優先権主張番号 特願2002-169793 (P2002-169793)

(32) 優先日 平成14年6月11日 (2002. 6. 11)

(33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(71) 出願人 000001270

コニカミノルタホールディングス株式会社
東京都千代田区丸の内一丁目6番1号

(74) 代理人 100107272

弁理士 田村 敬二郎

(74) 代理人 100109140

弁理士 小林 研一

(72) 発明者 太田 達男

東京都八王子市石川町2970番地 コニ
カオプト株式会社内

(72) 発明者 中野 智史

東京都八王子市石川町2970番地 コニ
カオプト株式会社内

最終頁に続く

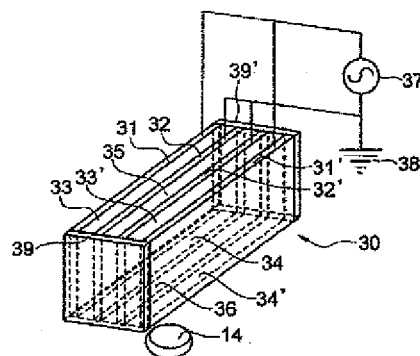
(54) 【発明の名称】 表面処理方法及び光学部品

(57) 【要約】

【課題】 処理される面形状に関わらず、より均一な成膜を行える表面処理方法及びそれにより成膜される光学部品を提供する。

【解決手段】 大気圧プラズマ法により光学部品の基材の曲面上にコーティング膜を形成するので、基材の成膜面が曲面であっても、より均一厚さ及び特性の膜を形成でき、しかも従来技術のごとく、基材を回転する必要もなく、或いは基材を真空雰囲気におく必要もないため、設備コストを低く抑えることができるから製造コストが低減されると共に処理効率が向上する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

曲面と凹凸形状の少なくとも一方を有する基材に対してコーティング膜を形成する表面処理方法であって、大気圧下でプラズマ処理を行って記曲面と前記凹凸形状の少なくとも一方上にコーティング膜を形成することを特徴とする表面処理方法。

【請求項 2】

前記凹凸形状は、凹と凸の少なくとも一方が規則的に形成されていることを特徴とする請求項 1 に記載の表面処理方法。

【請求項 3】

前記凹凸形状が曲面上に形成されていることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の表面処理方法。 10

【請求項 4】

前記コーティング膜は、ハーフミラー膜、反射防止膜、導電膜、ハードコート膜、親水性コート膜、撥水性コート膜、防汚性コート膜またはフィルタ膜であることを特徴とする請求項 1 ～ 3 のいずれかに記載の表面処理方法。

【請求項 5】

前記基材は、樹脂で構成されていることを特徴とする請求項 1 ～ 4 のいずれかに記載の表面処理方法。

【請求項 6】

前記基材は、アクリル系、ポリカーボネイト系、ポリエチレン系、ポリオレフィン系またはポリスチレン系樹脂で構成されていることを特徴とする請求項 1 ～ 5 のいずれかに記載の表面処理方法。 20

【請求項 7】

前記基材は、非晶質ポリオレフィン系樹脂で構成されていることを特徴とする請求項 1 ～ 5 のいずれかに記載の表面処理方法。

【請求項 8】

前記基材は、ガラスで構成されていることを特徴とする請求項 1 ～ 4 のいずれかに記載の表面処理方法。

【請求項 9】

前記基材が、レンズであることを特徴とする請求項 5 ～ 7 のいずれかに記載の表面処理方法。 30

【請求項 10】

前記基材が、球面もしくは非球面形状の光学面を有する単体レンズである場合、以下の条件式を満たすことを特徴とする請求項 9 に記載の表面処理方法。

$$0 < D \leq 300 \quad (1)$$

$$0 < T/D \leq 1.0 \quad (2)$$

D : 前記単体レンズの有効光学面直径 (mm)

T : 前記単体レンズの光軸上の厚み (mm)

【請求項 11】

前記基材が、平面上にアレイ状に配置されるレンズである場合、以下の条件式を満たすことを特徴とする請求項 9 に記載の表面処理方法。 40

$$0 < D_i \leq 300 \quad (3)$$

$$0 < T_i/D_i \leq 1.0 \quad (4)$$

$$0 < L_i \leq 200 \quad (5)$$

D_i : 前記レンズの有効光学面直径 (mm)

T_i : 前記レンズの光軸上の厚み (mm)

L_i : 前記レンズのアレイピッチ (mm)

【請求項 12】

前記基材が、マイクロレンズである場合、以下の条件式を満たすことを特徴とする請求項 9 に記載の表面処理方法。

$$10 \mu\text{m} \leq D_i \leq 2 \text{mm} \quad (6)$$

$$0.2 \leq T_i / D_i \leq 0.5 \quad (7)$$

$$10 \mu\text{m} \leq L_i \leq 5 \text{mm} \quad (8)$$

D_i : 前記マイクロレンズの有効光学面直径

T_i : 前記マイクロレンズの光軸上の厚み

L_i : 前記マイクロレンズのアレイピッチ

【請求項 13】

前記基材が、光ピックアップ装置用のレンズである場合、以下の条件式を満たすことを特徴とする請求項 9 に記載の表面処理方法。

$$1 \leq D \leq 10 \quad (9)$$

$$0.2 \leq T / D \leq 0.5 \quad (10)$$

D : 前記レンズの有効光学面直径 (mm)

T : 前記レンズの光軸上の厚み (mm)

【請求項 14】

前記基材が、光軸方向断面において鋸歯状もしくは階段状の凹凸形状を有している場合、以下の条件式を満たすことを特徴とする請求項 9 に記載の表面処理方法。

$$0 < P_i \leq 30 \quad (11)$$

$$0 < H_i / P_i \leq 3.0 \quad (12)$$

P_i : 鋸歯もしくは階段の光軸直交方向ピッチ (mm)

H_i : 鋸歯もしくは階段の光軸方向高さ (mm)

【請求項 15】

前記基材が、異なるピッチ P_i 、 P_k の前記凹凸形状を有している場合、以下の条件式を満たすことを特徴とする請求項 14 に記載の表面処理方法。

$$0 < W_i < P_i, P_k \quad (13)$$

W_i : 鋸歯もしくは階段の幅 (mm)

【請求項 16】

前記基材が、導光板であることを特徴とする請求項 5 ~ 7 のいずれかに記載の表面処理方法。

【請求項 17】

前記基材が、光軸方向断面において鋸歯状もしくは階段状の凹凸形状を有している場合、以下の条件式を満たすことを特徴とする請求項 16 に記載の表面処理方法。

$$0.05 \text{mm} < P_i \leq 2 \text{mm} \quad (14)$$

$$0.01 < H_i / P_i \leq 0.1 \quad (15)$$

P_i : 鋸歯もしくは階段の光軸直交方向ピッチ (mm)

H_i : 鋸歯もしくは階段の光軸方向高さ (mm)

【請求項 18】

前記基材がプリズムである場合、以下の条件式を満たすことを特徴とする請求項 9 に記載の表面処理方法。

$$0 < W \leq 30 \quad (16)$$

$$0 < H / W \leq 3.0 \quad (17)$$

W : 前記プリズムの幅 (mm)

H : 前記プリズムの高さ (mm)

【請求項 19】

前記基材がマイクロプリズムである場合、以下の条件式を満たすことを特徴とする請求項 9 に記載の表面処理方法。

$$0.05 \leq W \leq 4.0 \quad (18)$$

$$0.05 \leq H \leq 4.0 \quad (19)$$

W : 前記マイクロプリズムの幅 (mm)

H : 前記マイクロプリズムの高さ (mm)

【請求項 20】

10

20

30

40

50

前記コーティング膜が、誘電体膜であることを特徴とする請求項 1 ～ 19 のいずれかに記載の表面処理方法。

【請求項 21】

前記誘電体膜は、炭素含有率が 0.2 ～ 5 質量%であることを特徴とする請求項 20 に記載の表面処理方法。

【請求項 22】

前記誘電体膜は、酸化ケイ素を主成分とする層と、酸化チタン、酸化タンタル、酸化ジルコニウム、窒化シリコン、酸化インジウムまたは酸化アルミニウムを主成分とする層のいずれかの層からなり、又は双方を積層したものからなることを特徴とする請求項 20 又は 21 に記載の表面処理方法。

10

【請求項 23】

前記大気圧プラズマ処理法は、100 kHz を超えた高周波電圧で、且つ、 1 W/cm^2 以上の電力を電極間に供給し、前記電極間に放電を起こす工程を有することを特徴とする請求項 1 ～ 22 のいずれかに記載の表面処理方法。

【請求項 24】

前記高周波電圧は、連続したサイン波であることを特徴とする請求項 23 に記載の表面処理方法。

【請求項 25】

前記大気圧プラズマ処理法は、大気圧又は大気圧近傍の圧力下において対向する電極間に放電を起こし、前記電極間に導入された反応性ガス、又は、反応性ガスと不活性ガスをを含む混合ガスをプラズマ状態とする工程を有することを特徴とする請求項 1 ～ 24 のいずれかに記載の表面処理方法。

20

【請求項 26】

請求項 1 ～ 25 のいずれかに記載の表面処理方法により形成されたコーティング膜を有する光学部品。

【請求項 27】

曲面と凹凸形状の少なくとも一方を有する基材と、大気圧下でプラズマ処理を行うことで前記曲面と前記凹凸形状の少なくとも一方上に形成されたコーティング膜とを有することを特徴とする光学部品。

【請求項 28】

前記凹凸形状は、凹と凸の少なくとも一方が規則的に形成されていることを特徴とする請求項 27 に記載の光学部品。

30

【請求項 29】

前記凹凸形状が曲面上に形成されていることを特徴とする請求項 27 又は 28 に記載の光学部品。

【請求項 30】

前記コーティング膜は、ハーフミラー膜、反射防止膜、導電膜、ハードコート膜、親水性コート膜、撥水性コート膜、防汚性コート膜またはフィルタ膜であることを特徴とする請求項 27 ～ 29 のいずれかに記載の光学部品。

【請求項 31】

前記基材は、樹脂で構成されていることを特徴とする請求項 27 ～ 30 のいずれかに記載の光学部品。

40

【請求項 32】

前記基材は、アクリル系、ポリカーボネイト系、ポリエチレン系、ポリオレフィン系またはポリスチレン系樹脂で構成されていることを特徴とする請求項 27 ～ 31 のいずれかに記載の表面処理方法。

【請求項 33】

前記基材は、非晶質ポリオレフィン系樹脂で構成されていることを特徴とする請求項 27 ～ 31 のいずれかに記載の光学部品。

【請求項 34】

50

前記基材は、ガラスで構成されていることを特徴とする請求項27～30のいずれかに記載の光学部品。

【請求項35】

前記基材が、レンズであることを特徴とする請求項31～33のいずれかに記載の光学部品。

【請求項36】

前記基材が、球面もしくは非球面形状の光学面を有する単体レンズである場合、以下の条件式を満たすことを特徴とする請求項35に記載の光学部品。

$$0 < D \leq 300 \quad (1)$$

$$0 < T/D \leq 1.0 \quad (2)$$

D：前記単体レンズの有効光学面直径（mm）

T：前記単体レンズの光軸上の厚み（mm）

【請求項37】

前記基材が、平面上にアレイ状に配置されるレンズである場合、以下の条件式を満たすことを特徴とする請求項35に記載の光学部品。

$$0 < D_i \leq 300 \quad (3)$$

$$0 < T_i/D_i \leq 1.0 \quad (4)$$

$$0 < L_i \leq 200 \quad (5)$$

D_i：前記レンズの有効光学面直径（mm）

T_i：前記レンズの光軸上の厚み（mm）

L_i：前記レンズのアレイピッチ（mm）

【請求項38】

前記基材が、マイクロレンズである場合、以下の条件式を満たすことを特徴とする請求項35に記載の光学部品。

$$10 \mu\text{m} \leq D_i \leq 2 \text{mm} \quad (6)$$

$$0.2 \leq T_i/D_i \leq 0.5 \quad (7)$$

$$10 \mu\text{m} \leq L_i \leq 5 \text{mm} \quad (8)$$

D_i：前記マイクロレンズの有効光学面直径

T_i：前記マイクロレンズの光軸上の厚み

L_i：前記マイクロレンズのアレイピッチ

【請求項39】

前記基材が、光ピックアップ装置用のレンズである場合、以下の条件式を満たすことを特徴とする請求項35に記載の光学部品。

$$1 \leq D \leq 10 \quad (9)$$

$$0.2 \leq T/D \leq 0.5 \quad (10)$$

D：前記レンズの有効光学面直径（mm）

T：前記レンズの光軸上の厚み（mm）

【請求項40】

前記基材が、光軸方向断面において鋸歯状もしくは階段状の凹凸形状を有している場合、以下の条件式を満たすことを特徴とする請求項35に記載の光学部品。

$$0 < P_i \leq 30 \quad (11)$$

$$0 < H_i/P_i \leq 3.0 \quad (12)$$

P_i：鋸歯もしくは階段の光軸直交方向ピッチ（mm）

H_i：鋸歯もしくは階段の光軸方向高さ（mm）

【請求項41】

前記基材が、異なるピッチP_i、P_kの前記凹凸形状を有している場合、以下の条件式を満たすことを特徴とする請求項40に記載の光学部品。

$$0 < W_i < P_i, P_k \quad (13)$$

W_i：鋸歯もしくは階段の幅（mm）

【請求項42】

10

20

30

40

50

前記基材が、導光板であることを特徴とする請求項 31～33 のいずれかに記載の光学部品。

【請求項 43】

前記基材が、光軸方向断面において鋸歯状もしくは階段状の凹凸形状を有している場合、以下の条件式を満たすことを特徴とする請求項 42 に記載の光学部品。

$$0.05\text{ mm} < P_i \leq 2\text{ mm} \quad (14)$$

$$0.01 < H_i / P_i \leq 0.1 \quad (15)$$

P_i : 鋸歯もしくは階段の光軸直交方向ピッチ (mm)

H_i : 鋸歯もしくは階段の光軸方向高さ (mm)

【請求項 44】

前記基材がプリズムである場合、以下の条件式を満たすことを特徴とする請求項 35 に記載の光学部品。

$$0 < W \leq 30 \quad (16)$$

$$0 < H / W \leq 3.0 \quad (17)$$

W : 前記プリズムの幅 (mm)

H : 前記プリズムの高さ (mm)

【請求項 45】

前記基材がマイクロプリズムである場合、以下の条件式を満たすことを特徴とする請求項 35 に記載の光学部品。

$$0.05 \leq W \leq 4.0 \quad (18)$$

$$0.05 \leq H \leq 4.0 \quad (19)$$

W : 前記マイクロプリズムの幅 (mm)

H : 前記マイクロプリズムの高さ (mm)

【請求項 46】

前記コーティング膜が、誘電体膜であることを特徴とする請求項 27～45 のいずれかに記載の光学部品。

【請求項 47】

前記誘電体膜は、炭素含有率が 0.2～5 質量%であることを特徴とする請求項 46 に記載の光学部品。

【請求項 48】

前記誘電体膜は、酸化ケイ素を主成分とする層と、酸化チタン、酸化タンタル、酸化ジルコニウム、窒化シリコン、酸化インジウムまたは酸化アルミニウムを主成分とする層のいずれかの層からなり、又は双方を積層したものからなることを特徴とする請求項 46 又は 47 に記載の光学部品。

【請求項 49】

前記大気圧プラズマ処理法は、100 kHz を越えた高周波電圧で、且つ 1 W/cm^2 以上の電力を電極間に供給し、前記電極間に放電を起こす工程を有することを特徴とする請求項 27～48 のいずれかに記載の光学部品。

【請求項 50】

前記高周波電圧は、連続したサイン波であることを特徴とする請求項 49 に記載の光学部品。

【請求項 51】

前記大気圧プラズマ処理法は、大気圧又は大気圧近傍の圧力下において対向する電極間に放電を起こし、前記電極間に導入された反応性ガス、又は、反応性ガスと不活性ガスを含む混合ガスをプラズマ状態とする工程を有することを特徴とする請求項 27～50 のいずれかに記載の光学部品。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明が属する技術分野】

本発明は、表面処理方法及び光学部品に関し、特に大気圧プラズマを用いた表面処理方法

10

20

30

40

50

及びそれにより処理された光学部品に関する。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

例えば樹脂材を射出成形することによって形成される光学部品は、光ピックアップ装置などの精密な光学機器に搭載されて、高精度な光学機能を発揮するようになっている。ところで、このような光学部品においては、より高い機能を発揮すべく輪帯状の回折格子などの微小な凹凸を光学面に設けたものがある。

【特許文献 1】

特開 2 0 0 2 - 5 5 2 0 7 号公報

【 0 0 0 3 】

10

【発明が解決しようとする課題】

ところで、特許文献 1 に記載するように、光学部品に反射防止膜などを成膜する場合、従来は真空蒸着法やスパッタリング法などにより、膜を形成するための粒子を光学面に付着堆積させて薄膜を形成するようにしている。しかるに、微小な凹凸を光学面に形成した光学部材に成膜処理を施す場合、真空蒸着法やスパッタリング法によれば、以下に示す問題がある。

【 0 0 0 4 】

図 3 は、真空蒸着法やスパッタリング法により、光学面の鋸歯状輪帯回折構造に成膜を行ったレンズの一部断面図であり、膜厚等が誇張して描かれている。かかる図に示すように、成膜する面に鋸歯状の凹凸があると、その上に堆積した粒子による膜厚は、成膜面への 20
粒子の入射角の違いや、凸部が凹部への粒子の進行の邪魔になるなど諸々の理由で膜厚の不均一を生じる。このように膜厚の不均一が生じると、できあがった部品の形状と設計形状とでズレが生じ、設計状態では光学特性に優れた光学部品であっても、実際に製品にしたときに、十分な光学特性を得られないという恐れがある。また、薄膜本来の機能（例えば、反射防止機能など）を十分に発揮できない恐れがある。

【 0 0 0 5 】

このような製造上の問題に対し、従来は、成膜したい光学部品やそれを保持する治具を回転させることで、光学面により均一に成膜を施すよう工夫が施されているが、性能を劣化させることなく充分均一な膜を形成することは困難であった。また、かかる従来技術の成膜処理では、光学部品や治具を回転させるための装置や、回転のためのスペースが必要と 30
なり、また一度に処理できる部品数が少なくなって処理効率が悪いという問題があった。さらには、真空蒸着の場合、光学部品を真空雰囲気におかなくてはならないため、密閉容器や排気装置などの設置が必要になり、コストも増大するし、取り扱いも不便である。

【 0 0 0 6 】

本発明は、かかる従来技術の問題点に鑑みてなされたものであり、処理される面形状に関わらず、より均一な成膜を行える表面処理方法及びそれにより成膜される光学部品を提供することを目的とし、更に、大気圧下でも、均一な成膜を行える表面処理方法及びそれにより成膜される光学部品を提供することを目的とする。

【 0 0 0 7 】

【課題を解決するための手段】

40

請求項 1 に記載の表面処理方法は、曲面と凹凸形状の少なくとも一方を有する基材に対してコーティング膜を形成する表面処理方法であって、大気圧下でプラズマ処理を行って記曲面と前記凹凸形状の少なくとも一方上にコーティング膜を形成するので、成膜される基材の表面（以下、成膜面という）が、たとえ曲率半径の小さな曲面であっても、非常に均一な厚さ及び特性の膜を形成でき、しかも従来技術のごとく、基材を回転する必要もなく、或いは基材を真空雰囲気におく必要もないため、設備コストを低く抑えることができるから製造コストが低減されると共に処理効率が向上する。又、同様に凹凸形状が前記基材の成膜面に対しても、その凹凸形状に沿って、非常に均一な厚さ及び特性の膜を形成でき、しかも従来技術のごとく、基材を回転する必要もなく、或いは基材を真空雰囲気におく必要もないため、設備コストを低く抑えることができるから製造コストが低減されると共 50

に処理効率が向上する。同様なことは、曲面と凹凸形状の双方を有する基材に対してコーティング膜を形成する場合にもいえる。

【 0 0 0 8 】

請求項 2 に記載の表面処理方法は、請求項 1 に記載の発明において、前記凹凸形状は、凹と凸の少なくとも一方が規則的に形成されているので、かかる規則的な凹又は凸のパターン（凹凸パターンともいう）が基材の成膜面に対して、その凹凸パターンに追従して、非常に均一な厚さ及び特性の膜を形成でき、しかも従来技術のごとく、基材を回転する必要もなく、或いは基材を真空雰囲気におく必要もないため、設備コストを低く抑えることができるから製造コストが低減されると共に処理効率が向上する。

【 0 0 0 9 】

請求項 3 に記載の表面処理方法は、請求項 1 又は 2 に記載の発明において、前記凹凸形状が曲面上に形成されていると好ましい。

【 0 0 1 0 】

尚、本明細書中、「基材」とは、それ自体に曲面、凹凸形状、規則的な凹凸パターン（例えば輪帯状の回折格子）を有する又は形成されたものをいい、それら形状は、全くランダムに例えば基材とは別の粒子で形成された形状を指すものではない。

【 0 0 1 1 】

請求項 4 に記載の表面処理方法は、請求項 1 ～ 3 のいずれかの発明において、前記コーティング膜は、ハーフミラー膜、反射防止膜、導電膜、ハードコート膜、親水性コート膜、撥水性コート膜、防汚性コート膜またはフィルタ膜であると好ましい。

【 0 0 1 2 】

請求項 5 に記載の表面処理方法は、請求項 1 ～ 4 のいずれかの発明において、前記基材は、樹脂で構成されていると、生産性が高く、光学性能もよく、前記基材と前記膜との密着性が向上し、接着強度が高まる。

【 0 0 1 3 】

請求項 6 に記載の表面処理方法は、請求項 1 ～ 5 のいずれかの発明において、前記基材は、アクリル系、ポリカーボネイト系、ポリエチレン系、ポリオレフィン系またはポリスチレン系樹脂で構成されていると好ましい。

【 0 0 1 4 】

請求項 7 に記載の表面処理方法は、請求項 1 ～ 5 のいずれかの発明において、前記基材は、非晶質ポリオレフィン系樹脂で構成されていると、膜硬度を更に高めることができ、また、より緻密な膜を形成できる。

【 0 0 1 5 】

請求項 8 に記載の表面処理方法は、請求項 1 ～ 4 のいずれかの発明において、前記基材は、ガラスで構成されていると好ましい。

【 0 0 1 6 】

請求項 9 に記載の表面処理方法は、請求項 5 ～ 7 のいずれかの発明において、前記基材が、レンズであると、より高機能なレンズが提供される。

【 0 0 1 7 】

請求項 1 0 に記載の表面処理方法は、請求項 9 の発明において、前記基材が、球面もしくは非球面形状の光学面を有する単体レンズである場合、以下の条件式を満たすことを特徴とする。

$$0 < D \leq 300 \quad (1)$$

$$0 < T/D \leq 1.0 \quad (2)$$

D：前記単体レンズの有効光学面直径（mm）

T：前記単体レンズの光軸上の厚み（mm）

【 0 0 1 8 】

請求項 1 1 に記載の表面処理方法は、請求項 9 の発明において、前記基材が、平面上にアレイ状に配置されるレンズである場合、以下の条件式を満たすことを特徴とする。

$$0 < D_i \leq 300 \quad (3)$$

10

20

30

40

50

$$0 < T_i / D_i \leq 1.0 \quad (4)$$

$$0 < L_i \leq 200 \quad (5)$$

D_i : 前記レンズの有効光学面直径 (mm)

T_i : 前記レンズの光軸上の厚み (mm)

L_i : 前記レンズのアレイピッチ (mm)

【 0 0 1 9 】

請求項 12 に記載の表面処理方法は、請求項 9 の発明において、前記基材が、マイクロレンズである場合、以下の条件式を満たすことを特徴とする。

$$10 \mu\text{m} \leq D_i \leq 2 \text{mm} \quad (6)$$

$$0.2 \leq T_i / D_i \leq 0.5 \quad (7)$$

$$10 \mu\text{m} \leq L_i \leq 5 \text{mm} \quad (8)$$

D_i : 前記マイクロレンズの有効光学面直径

T_i : 前記マイクロレンズの光軸上の厚み

L_i : 前記マイクロレンズのアレイピッチ

【 0 0 2 0 】

請求項 13 に記載の表面処理方法は、請求項 9 の発明において、前記基材が、光ピックアップ装置用のレンズである場合、以下の条件式を満たすことを特徴とする。

$$1 \leq D \leq 10 \quad (9)$$

$$0.2 \leq T / D \leq 0.5 \quad (10)$$

D : 前記レンズの有効光学面直径 (mm)

T : 前記レンズの光軸上の厚み (mm)

【 0 0 2 1 】

請求項 14 に記載の表面処理方法は、請求項 9 の発明において、前記基材が、光軸方向断面において鋸歯状もしくは階段状の凹凸形状を有している場合、以下の条件式を満たすことを特徴とする。

$$0 < P_i \leq 30 \quad (11)$$

$$0 < H_i / P_i \leq 3.0 \quad (12)$$

P_i : 鋸歯もしくは階段の光軸直交方向ピッチ (mm)

H_i : 鋸歯もしくは階段の光軸方向高さ (mm)

【 0 0 2 2 】

請求項 15 に記載の表面処理方法は、請求項 14 の発明において、前記基材が、異なるピッチ P_i , P_k の前記凹凸形状を有している場合、以下の条件式を満たすことを特徴とする。

$$0 < W_i < P_i, P_k \quad (13)$$

W_i : 鋸歯もしくは階段の幅 (mm)

【 0 0 2 3 】

請求項 16 に記載の表面処理方法は、請求項 5 ~ 7 の発明において、前記基材が、導光板であるので、より高機能な導光板が提供される。

【 0 0 2 4 】

請求項 17 に記載の表面処理方法は、請求項 16 の発明において、前記基材が、光軸方向断面において鋸歯状もしくは階段状の凹凸形状を有している場合、以下の条件式を満たすことを特徴とする。

$$0.05 \text{mm} < P_i \leq 2 \text{mm} \quad (14)$$

$$0.01 < H_i / P_i \leq 0.1 \quad (15)$$

P_i : 鋸歯もしくは階段の光軸直交方向ピッチ (mm)

H_i : 鋸歯もしくは階段の光軸方向高さ (mm)

【 0 0 2 5 】

請求項 18 に記載の表面処理方法は、請求項 9 の発明において、前記基材がプリズムである場合、以下の条件式を満たすことを特徴とする。

$$0 < W \leq 30 \quad (16)$$

10

20

30

40

50

$$0 < H / W \leq 3.0 \quad (17)$$

W : 前記プリズムの幅 (mm)

H : 前記プリズムの高さ (mm)

【0026】

請求項19に記載の表面処理方法は、請求項9の発明において、前記基材がマイクロプリズムである場合、以下の条件式を満たすことを特徴とする。

$$0.05 \leq W \leq 4.0 \quad (18)$$

$$0.05 \leq H \leq 4.0 \quad (19)$$

W : 前記マイクロプリズムの幅 (mm)

H : 前記マイクロプリズムの高さ (mm)

10

【0027】

請求項20に記載の表面処理方法は、請求項11～19のいずれかの発明において、前記コーティング膜が、誘電体膜であると好ましい。

【0028】

請求項21に記載の表面処理方法は、請求項20の発明において、前記誘電体膜は、炭素含有率が0.2～5質量%であると好ましい。

【0029】

請求項22に記載の表面処理方法は、請求項20又は21の発明において、前記誘電体膜は、酸化ケイ素を主成分とする層と、酸化チタン、酸化タンタル、酸化ジルコニウム、窒化シリコン、酸化インジウムまたは酸化アルミニウムを主成分とする層のいずれかの層からなり、又は双方を積層したものからなると好ましい。

20

【0030】

請求項23に記載の表面処理方法は、請求項1～22のいずれかの発明において、前記大気圧プラズマ処理法は、100kHzを超えた高周波電圧で、且つ、 $1\text{W}/\text{cm}^2$ 以上の電力を電極間に供給し、前記電極間に放電を起こす工程を有するので、前記基材の成膜面に対して、より均一且つ緻密で基材との密着性が高い膜を形成できる。

【0031】

請求項24に記載の表面処理方法は、請求項23の発明において、前記高周波電圧は、連続したサイン波であると、前記基材の成膜面に対して、より均一且つ緻密な膜を形成できる。

30

【0032】

請求項25に記載の表面処理方法は、請求項1～24のいずれかの発明において、前記大気圧プラズマ処理法は、大気圧又は大気圧近傍の圧力下において対向する電極間に放電を起こし、前記電極間に導入された反応性ガス、又は、反応性ガスと不活性ガスとを含む混合ガスをプラズマ状態とする工程を有すると、前記基材の成膜面に対して、より均一且つ緻密な膜を形成できる。

【0033】

請求項26に記載の光学部品は、請求項1～25のいずれかの発明において、上述した表面処理方法により形成されたコーティング膜を有するので、高機能を発揮できる。尚、光学部品としては、例えばレンズ、プリズム、回折格子光学部品（回折レンズ、回折プリズム、回折板）、光学フィルター（空間ローパスフィルター、波長バンドパスフィルター、波長ローパスフィルター、波長ハイパスフィルター等々）、偏光フィルター（検光子、旋光子、偏光分離プリズム等々）、位相フィルター（位相板、ホログラム等々）が考えられるが、以上に限られることはない。

40

【0034】

請求項27に記載の光学部品は、曲面と凹凸形状の少なくとも一方を有する基材と、大気圧下でプラズマ処理を行うことで前記曲面と前記凹凸形状の少なくとも一方上に形成されたコーティング膜とを有することを特徴とする。本発明の作用効果は、請求項1に記載の発明と作用効果と同様であるので説明を省略する。

【0035】

50

請求項 28 に記載の光学部品は、請求項 27 の発明において、前記凹凸形状は、凹と凸の少なくとも一方が規則的に形成されていることを特徴とする。本発明の作用効果は、請求項 2 に記載の発明と作用効果と同様であるので説明を省略する。

【 0 0 3 6 】

請求項 29 に記載の光学部品は、請求項 27 又は 28 に記載の発明において、前記凹凸形状が曲面上に形成されていることを特徴とする。本発明の作用効果は、請求項 3 に記載の発明と作用効果と同様であるので説明を省略する。

【 0 0 3 7 】

請求項 30 に記載の光学部品は、請求項 27 ～ 29 のいずれかの発明において、前記コーティング膜は、ハーフミラー膜、反射防止膜、導電膜、ハードコート膜、親水性コート膜 10、撥水性コート膜、防汚性コート膜またはフィルタ膜であることを特徴とする。本発明の作用効果は、請求項 4 に記載の発明と作用効果と同様であるので説明を省略する。

【 0 0 3 8 】

請求項 31 に記載の光学部品は、請求項 27 ～ 30 のいずれかの発明において、前記基材は、樹脂で構成されていることを特徴とする。本発明の作用効果は、請求項 5 に記載の発明と作用効果と同様であるので説明を省略する。

【 0 0 3 9 】

請求項 32 に記載の光学部品は、請求項 27 ～ 31 のいずれかの発明において、前記基材は、アクリル系、ポリカーボネイト系、ポリエチレン系、ポリオレフィン系またはポリスチレン系樹脂で構成されていることを特徴とする。本発明の作用効果は、請求項 6 に記載 20の発明と作用効果と同様であるので説明を省略する。

【 0 0 4 0 】

請求項 33 に記載の光学部品は、請求項 27 ～ 31 のいずれかの発明において、前記基材は、非晶質ポリオレフィン系樹脂で構成されていることを特徴とする。本発明の作用効果は、請求項 7 に記載の発明と作用効果と同様であるので説明を省略する。

【 0 0 4 1 】

請求項 34 に記載の光学部品は、請求項 27 ～ 30 のいずれかの発明において、前記基材は、ガラスで構成されていることを特徴とする。本発明の作用効果は、請求項 8 に記載の発明と作用効果と同様であるので説明を省略する。

【 0 0 4 2 】

請求項 35 に記載の光学部品は、請求項 31 ～ 33 のいずれかの発明において、前記基材がレンズであることを特徴とする。本発明の作用効果は、請求項 9 に記載の発明と作用効果と同様であるので説明を省略する。 30

【 0 0 4 3 】

請求項 36 に記載の光学部品は、請求項 35 の発明において、前記基材が、球面もしくは非球面形状の光学面を有する単体レンズである場合、以下の条件式を満たすことを特徴とする。

$$0 < D \leq 3.00 \quad (1)$$

$$0 < T/D \leq 1.0 \quad (2)$$

D : 前記単体レンズの有効光学面直径 (mm)

T : 前記単体レンズの光軸上の厚み (mm)

【 0 0 4 4 】

請求項 37 に記載の光学部品は、請求項 35 の発明において、前記基材が、平面上にアレイ状に配置されるレンズである場合、以下の条件式を満たすことを特徴とする。

$$0 < D_i \leq 3.00 \quad (3)$$

$$0 < T_i/D_i \leq 1.0 \quad (4)$$

$$0 < L_i \leq 2.00 \quad (5)$$

D_i : 前記レンズの有効光学面直径 (mm)

T_i : 前記レンズの光軸上の厚み (mm)

L_i : 前記レンズのアレイピッチ (mm)

【 0 0 4 5 】

請求項 3 8 に記載の光学部品は、請求項 3 5 の発明において、前記基材が、マイクロレンズである場合、以下の条件式を満たすことを特徴とする。

$$10 \mu\text{m} \leq D_i \leq 2 \text{ mm} \quad (6)$$

$$0.2 \leq T_i / D_i \leq 0.5 \quad (7)$$

$$10 \mu\text{m} \leq L_i \leq 5 \text{ mm} \quad (8)$$

D_i : 前記マイクロレンズの有効光学面直径

T_i : 前記マイクロレンズの光軸上の厚み

L_i : 前記マイクロレンズのアレイピッチ

【 0 0 4 6 】

請求項 3 9 に記載の光学部品は、請求項 3 5 の発明において、前記基材が、光ピックアップ装置用のレンズである場合、以下の条件式を満たすことを特徴とする。

$$1 \leq D \leq 10 \quad (9)$$

$$0.2 \leq T / D \leq 0.5 \quad (10)$$

D : 前記レンズの有効光学面直径 (mm)

T : 前記レンズの光軸上の厚み (mm)

【 0 0 4 7 】

請求項 4 0 に記載の光学部品は、請求項 3 5 の発明において、前記基材が、光軸方向断面において鋸歯状もしくは階段状の凹凸形状を有している場合、以下の条件式を満たすことを特徴とする。

$$0 < P_i \leq 30 \quad (11)$$

$$0 < H_i / P_i \leq 3.0 \quad (12)$$

P_i : 鋸歯もしくは階段の光軸直交方向ピッチ (mm)

H_i : 鋸歯もしくは階段の光軸方向高さ (mm)

【 0 0 4 8 】

請求項 4 1 に記載の光学部品は、請求項 4 0 の発明において、前記基材が、異なるピッチ P_i 、 P_k の前記凹凸形状を有している場合、以下の条件式を満たすことを特徴とする。

$$0 < W_i < P_i, P_k \quad (13)$$

W_i : 鋸歯もしくは階段の幅 (mm)

【 0 0 4 9 】

請求項 4 2 に記載の光学部品は、請求項 3 1 ~ 3 3 のいずれかの発明において、前記基材が、導光板であることを特徴とする。本発明の作用効果は、請求項 1 6 に記載の発明と作用効果と同様であるので説明を省略する。

【 0 0 5 0 】

請求項 4 3 に記載の光学部品は、請求項 4 2 の発明において、前記基材が、光軸方向断面において鋸歯状もしくは階段状の凹凸形状を有している場合、以下の条件式を満たすことを特徴とする。

$$0.05 \text{ mm} < P_i \leq 2 \text{ mm} \quad (14)$$

$$0.01 < H_i / P_i \leq 0.1 \quad (15)$$

P_i : 鋸歯もしくは階段の光軸直交方向ピッチ (mm)

H_i : 鋸歯もしくは階段の光軸方向高さ (mm)

【 0 0 5 1 】

請求項 4 4 に記載の光学部品は、請求項 3 5 の発明において、前記基材がプリズムである場合、以下の条件式を満たすことを特徴とする。

$$0 < W \leq 30 \quad (16)$$

$$0 < H / W \leq 3.0 \quad (17)$$

W : 前記プリズムの幅 (mm)

H : 前記プリズムの高さ (mm)

【 0 0 5 2 】

請求項 4 5 に記載の光学部品は、請求項 3 5 の発明において、前記基材がマイクロプリズム

10

20

30

40

ムである場合、以下の条件式を満たすことを特徴とする。

$$0.05 \leq W \leq 4.0 \quad (18)$$

$$0.05 \leq H \leq 4.0 \quad (19)$$

W：前記マイクロプリズムの幅 (mm)

H：前記マイクロプリズムの高さ (mm)

【0053】

請求項46に記載の光学部品は、請求項27～45のいずれかの発明において、前記コーティング膜が、誘電体膜であることを特徴とする。本発明の作用効果は、請求項20に記載の発明と作用効果と同様であるので説明を省略する。

【0054】

請求項47に記載の光学部品は、請求項46の発明において、前記誘電体膜は、炭素含有率が0.2～5質量%であることを特徴とする。本発明の作用効果は、請求項21に記載の発明と作用効果と同様であるので説明を省略する。

【0055】

請求項48に記載の光学部品は、請求項46又は47の発明において、前記誘電体膜は、酸化ケイ素を主成分とする層と、酸化チタン、酸化タンタル、酸化ジルコニウム、窒化シリコン、酸化インジウムまたは酸化アルミニウムを主成分とする層のいずれかの層からなり、又は双方を積層したものからなることを特徴とする。本発明の作用効果は、請求項22に記載の発明と作用効果と同様であるので説明を省略する。

【0056】

請求項49に記載の光学部品は、請求項27～48のいずれかの発明において、前記大気圧プラズマ処理法は、100kHzを越えた高周波電圧で、且つ1W/cm²以上の電力を電極間に供給し、前記電極間に放電を起こす工程を有することを特徴とする。本発明の作用効果は、請求項23に記載の発明と作用効果と同様であるので説明を省略する。

【0057】

請求項50に記載の光学部品は、請求項49の発明において、前記高周波電圧は、連続したサイン波であることを特徴とする。本発明の作用効果は、請求項24に記載の発明と作用効果と同様であるので説明を省略する。

【0058】

請求項51に記載の光学部品は、請求項27～50のいずれかの発明において、前記大気圧プラズマ処理法は、大気圧又は大気圧近傍の圧力下において対向する電極間に放電を起こし、前記電極間に導入された反応性ガス、又は、反応性ガスと不活性ガスとを含む混合ガスをプラズマ状態とする工程を有すると、高機能の成膜処理を前記光学部品に対して施せるので好ましい。

【0059】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照して、本発明の実施の形態について説明する。図1は、表面処理方法を大気圧プラズマ法により実行し、成膜を行うためのプラズマ処理装置30を示す斜視図である。図1において、31、32、31'、32'は、長方形で同じ大きさである平板電極であり、平板電極31と平板電極32は対向するように配置され、平板電極31'と平板電極32'も対向するように配置されている。さらに平板電極32と平板電極32'も対向するように配置されている。また、各平板電極は四隅をそろえて配置されている。平板電極31と32、平板電極31'と32'の対向する面には誘電体を被覆しており、該誘電体は、Al₂O₃セラミックスを溶射後、アルコキシシランで封孔処理したものである。

【0060】

尚、平板電極31、32の少なくとも一方の電極の対向する面と平板電極31'、32'のうち少なくとも一方の電極の対向する面が誘電体で被覆されていればよく、そのように構成してもよい。

【0061】

10

20

30

40

電極材料には、銀、白金、ステンレス、アルミニウム、鉄等の金属を用いることができる。ステンレスは加工し易く好ましく用いることができる。誘電体としては、ケイ酸塩系ガラス・ホウ酸塩系ガラス・リン酸塩系ガラス・ゲルマン酸塩系ガラス・亜テルル酸塩ガラス・アルミン酸塩ガラス・バナジン酸塩ガラス等を用いることができる。この中でもホウ酸塩系ガラスが加工し易い。また、気密性の高い高耐熱性のセラミックスを焼結したセラミックスを用いることも好ましい。セラミックスの材質としては例えばアルミナ系、ジルコニア系、窒化珪素系、炭化珪素系のセラミックスが挙げられるが、中でもアルミナ系のセラミックスが好ましく、アルミナ系のセラミックスの中でも特に Al_2O_3 を用いるのが好ましい。アルミナ系のセラミックスの厚みは 1 mm 程度が好ましく、体積固有抵抗は $10^8 \Omega \cdot \text{cm}$ 以上が好ましい。

10

【 0 0 6 2 】

セラミックスは、無機質材料で封孔処理されているのが好ましく、これにより電極の耐久性を向上させることができる。

【 0 0 6 3 】

封孔処理はセラミックスに封孔剤である金属アルコキシドを主原料とするゾルをセラミックス上に塗布した後に、ゲル化させて硬化させることで、強固な 3 次元結合を形成させ均一な構造を有する金属酸化物によって、セラミックスの封孔処理をすることができる。

【 0 0 6 4 】

また、ゾルゲル反応を促進するためにエネルギー処理を行うことが好ましい。ゾルにエネルギー処理をすることによって、金属-酸素-金属の 3 次元結合を促進することができる。

20

【 0 0 6 5 】

エネルギー処理には、プラズマ処理や、200℃以下の加熱処理、UV処理が好ましい。

【 0 0 6 6 】

対向する平板電極 3 1, 3 2 間、平板電極 3 1', 3 2' 間、平板電極 3 2, 3 2' 間の隙間のうち、向かい合う隙間が蓋体 3 9, 3 9' によって塞がれている。平板電極 3 1, 3 2, 3 1', 3 2' は長方形平板電極であるので、対向する平板電極 3 1, 3 2 間、平板電極 3 1', 3 2' 間、平板電極 3 2, 3 2' 間それぞれは四方に隙間を有することになる。

【 0 0 6 7 】

3 3, 3 3' は電極 3 1, 3 2 間、電極 3 1', 3 2' 間に不活性ガスを導入するための不活性ガス導入口であり、電極 3 1, 3 2 間、電極 3 1', 3 2' 間の隙間のうち、蓋体 3 9, 3 9' で塞がれていない、向かい合う隙間の一方の隙間を、不活性ガス導入口 3 3, 3 3' として用いている。不活性ガス導入口 3 3 と不活性ガス導入口 3 3' は同じ方向の隙間を用いている。

30

【 0 0 6 8 】

図 1 の大気圧プラズマ処理装置 3 0 においては、不活性ガス導入口 3 3, 3 3' は、電極 3 1, 3 2 間、電極 3 1', 3 2' 間の隙間の一部をそのまま不活性ガス導入口 3 3, 3 3' として用いているが、該隙間にさらに部材を設けることで、不活性ガス導入口 3 3, 3 3' を平板電極 3 1, 3 2 間、平板電極 3 1', 3 2' 間に不活性ガスを効率よくかつ容易に導入することができる形状にするのが好ましい。

40

【 0 0 6 9 】

3 4, 3 4' は、電極 3 1, 3 2 間、電極 3 1', 3 2' 間で発生した励起不活性ガスを電極 3 1, 3 2 間、電極 3 1', 3 2' 間の外に放出するための励起不活性ガス放出口であり、電極 3 1, 3 2 間、電極 3 1', 3 2' 間の隙間のうち、不活性ガス導入口 3 3, 3 3' と向かい合う隙間をそれぞれ励起不活性ガス放出口 3 4, 3 4' として用いる。よって、励起不活性ガス放出口 3 4 と励起不活性ガス放出口 3 4' は同じ方向の隙間を用いることになる。

【 0 0 7 0 】

図 1 の大気圧プラズマ処理装置 3 0 においては、励起不活性ガス放出口 3 4, 3 4' は

50

電極 31, 32 間、電極 31', 32' 間の隙間の一部をそのまま励起不活性ガス放出口 34, 34' として用いているが、該隙間にさらにノズルのような部材を設けることで、平板電極 31, 32 間、平板電極 31', 32' 間で発生した励起不活性ガスを外部に放出する際に放出角度や放出強度を調整できるようにするのが好ましい。

【0071】

35 は電極 32, 32' 間に反応ガスを導入するための反応ガス導入口であり、電極 32, 32' 間の隙間のうち、蓋体 39, 39' で塞がれていない、向かい合う隙間の一方の隙間を、反応ガス導入口 35 として用いている。尚、反応ガス導入口 35 は不活性ガス導入口 33, 33' と同じ方向の隙間を用いる。

【0072】

図 1 の大気圧プラズマ処理装置 30 においては、反応ガス導入口 35 は、電極 32, 32' 間で形成される隙間の一部をそのまま反応ガス導入口 35 としているが、該隙間にさらに部材を設けることで、反応ガス導入口 35 を平板電極 32, 32' 間に反応ガスを効率よくかつ容易に導入することができる形状にするのが好ましい。

【0073】

36 は、電極 32, 32' 間に導入した反応ガスを電極 32, 32' 間の外に放出するための反応ガス放出口であり、平板電極 32, 32' 間の隙間のうち、反応ガス導入口 35 と向かい合う隙間を反応ガス放出口 36 として用いている。よって、反応ガス放出口 36 は励起不活性ガス放出口 34, 34' と同じ方向となる隙間を用いることになる。

【0074】

図 1 の大気圧プラズマ処理装置 30 においては、反応ガス放出口 36 は、電極 32, 32' 間の隙間の一部をそのまま反応ガス放出口 36 として用いているが、該隙間にさらにノズルのような部材を設けることで、平板電極 32, 32' 間に存在する反応ガスを外部に放出する際に放出角度や放出強度を調整できるようにするのが好ましい。

【0075】

前述したように、反応ガス放出口 36、励起不活性ガス放出口 34, 34' は同じ方向の隙間を用いており、また、反応ガス放出口 36 は、励起不活性ガス放出口 34 と励起不活性ガス放出口 34' に挟まれた構造となる。従って、反応ガス放出口 36 から放出される反応ガスは、励起不活性ガス放出口 34 から放出される励起不活性ガスと、励起不活性ガス放出口 34 から放出される励起不活性ガスに挟まれた状態で接触する。これにより、反 30
応ガスが効率よくプラズマ化されるようになる。

【0076】

本実施形態では、1つの反応ガス放出口を2つの励起不活性ガス放出口で挟み込む構造としているが、新たに励起不活性ガスを放出する平板電極対を設け、その間に新たに反応ガス放出口を設け、構造としては、端から順に励起不活性ガス放出口、反応ガス放出口、励起不活性ガス放出口、反応ガス放出口、励起不活性ガス放出口を並べた構造にして挟み込むようにしても良い。

【0077】

本発明に用いられる反応ガスとして、好ましくは、有機フッ素化合物、金属化合物を好ましく挙げることが出来る。有機フッ素化合物を用いることにより反射防止層等に有用な低 40
屈折率層や撥水性コート膜や防汚層を形成することができる。金属化合物では、低屈折率層、中屈折率層、高屈折率層や、ガスバリア層、帯電防止層、透明導電層、ハードコート膜、親水性コート膜、撥水性コート膜、防汚性コート膜などを形成することができる。

【0078】

有機フッ素化合物としては、フッ化炭素やフッ化炭化水素等のガスが好ましく、例えば、フッ化メタン、フッ化エタン、テトラフルオロメタン、ヘキサフルオロエタン、1, 1, 2, 2-テトラフルオロエチレン、1, 1, 1, 2, 3, 3-ヘキサフルオロプロパン、ヘキサフルオロプロペン、6-フッ化プロピレン等のフッ化炭素化合物；1, 1-ジフル 50
オロエチレン、1, 1, 1, 2-テトラフルオロエタン、1, 1, 2, 2, 3-ペンタフルオロプロパン等のフッ化炭化水素化合物；ジフルオロジクロロメタン、トリフルオロク

ロロメタン等のフッ化塩化炭化水素化合物；1，1，1，3，3，3-ヘキサフルオロ-2-プロパノール、1，3-ジフルオロ-2-プロパノール、パーフルオロブタノール等のフッ化アルコール；ビニルトリフルオロアセテート、1，1，1-トリフルオロエチルトリフルオロアセテート等のフッ化カルボン酸エステル；アセチルフルオリド、ヘキサフルオロアセトン、1，1，1-トリフルオロアセトン等のフッ化ケトン等を挙げることが出来るが、これらに限定されない。

【0079】

有機フッ素化合物は、プラズマ放電処理によって腐食性ガスあるいは有害ガスが発生しないような化合物を選ぶのが好ましいが、それらが発生しない条件を選ぶことも出来る。有機フッ素化合物を本発明に有用な反応性ガスとして使用する場合、常温常圧で有機フッ素化合物が気体であることが目的を遂行するのに最も適切な反応性ガス成分としてそのまま使用でき好ましい。これに対して常温常圧で液体または固体の有機フッ素化合物の場合には、加熱や減圧等の気化装置などの手段により気化して使用すればよく、また適切な有機溶媒に溶解して噴霧あるいは蒸発させて用いてもよい。

【0080】

金属化合物としては、Al、As、Au、B、Bi、Ca、Cd、Cr、Co、Cu、Fe、Ga、Ge、Hg、In、Li、Mg、Mn、Mo、Na、Ni、Pb、Pt、Rh、Sb、Se、Si、Sn、Ti、V、W、Y、ZnまたはZr等の金属化合物または有機金属化合物を挙げることができ、Al、Ge、In、Sb、Si、Sn、Ti、W、ZnまたはZrが金属化合物として好ましく用いられるが、特に、珪素化合物、チタン化合物、錫化合物、亜鉛化合物、インジウム化合物、アルミ化合物、銅化合物、銀化合物が好ましい。

【0081】

これらのうち珪素化合物としては、例えば、ジメチルシラン、テトラメチルシラン、テトラエチルシラン等のアルキルシラン；テトラメトキシシラン、テトラエトキシシラン、テトラプロポキシシラン、ジメチルジエトキシシラン、メチルトリメトキシシラン、エチルトリエトキシシラン等の珪素アルコキシド等の有機珪素化合物；モノシラン、ジシラン等の珪素水素化合物；ジクロルシラン、トリクロロシラン、テトラクロロシラン等のハロゲン化珪素化合物；その他オルガノシラン等を挙げることが出来、何れも好ましく用いることが出来る。また、これらは適宜組み合わせることも出来る。上記の珪素化合物は、取り扱い上の観点から珪素アルコキシド、アルキルシラン、珪素水素化合物が好ましく、腐食性、有害ガスの発生がなく、工程上の汚れなども少ないことから、特に有機珪素化合物として珪素アルコキシドが好ましい。

【0082】

チタン化合物、錫化合物、亜鉛化合物、インジウム化合物、アルミ化合物、銅化合物、銀化合物としては、有機金属化合物、ハロゲン化金属化合物、金属水素化合物、金属アルコキシド化合物が好ましい。有機金属化合物の有機成分としてはアルキル基、アルコキシド基、アミノ基が好ましく、テトラエトキシチタン、テトライソプロポキシチタン、テトラブトキシチタン、テトラジメチルアミノチタン等を好ましく挙げることが出来る。有機チタン化合物、有機錫化合物、有機亜鉛化合物、有機インジウム化合物、有機アルミ化合物、有機銅化合物、有機銀化合物は、中屈折率層や高屈折率層を形成するのに非常に有用である。ハロゲン化金属化合物としては、二塩化チタン、三塩化チタン、四塩化チタン等を挙げることができ、更に金属水素化合物としては、モノチタン、ジチタン等を挙げることができる。本発明においては、チタン系の有機金属化合物を好ましく用いることができる。

【0083】

不活性ガスとしては、N₂、He、Ar等の希ガスが好ましく用いられるが、HeとArを混合した希ガスも好ましく、気体中に占める不活性ガスの割合は、90体積%～99.9体積%であることが好ましい。大気圧プラズマを効率よく発生させるという点から不活性ガス中のArガス成分を多くするのも好ましいが、コスト的な観点からArガス成分

を90体積%～99.9体積%を用いるのが好ましい。

【0084】

なお、不活性ガスには水素ガスや酸素ガスを不活性ガスに対して0.1体積%～10体積%混合させて使用してもよく、このように補助的に使用することにより薄膜の硬度を著しく向上させることが出来る。

【0085】

37は電極31, 32間、電極31', 32'間に高周波電圧を印加するための高周波電源である。38はアースであり、電極32, 32'はアース38に接地している。

【0086】

平板電極間31, 32間、平板電極間31', 32'間に存在させる不活性ガスは、大気10
圧又は大気圧近傍の圧力下で存在させ、高周波電源37によって、平板電極間31, 32
間、平板電極間31', 32'間に電圧を印加させることで不活性ガスを励起させ、励起
不活性ガスを発生させる。

【0087】

図1に示すように、不図示の搬送装置により光学部品の素材14（例えば光ピックアップ
装置用の対物レンズであって光学面には輪帯状の回折格子（不図示）などの微細な凹凸パ
ターンが形成されている）を大気圧プラズマ処理装置30の電極間の下方に配置する。光
学部品の素材14は、反応ガス放出口36の反応ガス放出方向と、励起不活性ガス放出口
34, 34'の励起不活性ガス放出方向で、反応ガス放出口36から放出される反応ガス
が、励起不活性ガス放出口34, 34'から放出される励起不活性ガスに挟み込まれるよう20
にして接触して発生したプラズマ化した反応ガスと接触される位置に配置され、それ
により表面処理（例えば反射コートの成膜やハードコートの成膜等）が行われる。

【0088】

より具体的には、不活性ガス導入口33, 33'から電極31, 32間、電極31', 32'
'間に不活性ガスを導入し、電極31, 32間、電極31', 32'間に大気圧又は大
気圧近傍の圧力下で不活性ガスを存在させる。電極31, 32間、電極31', 32'
'間に高周波電源37によって高周波電圧が印加され、電極31, 32間、電極31', 32'
'間に存在する不活性ガスを励起させ励起不活性ガスを発生させる。電極31, 32間、
電極31', 32'間で発生した励起不活性ガスは、新たに不活性ガス導入口33, 33'
'から導入されてくる不活性ガスに押され、また、蓋体39, 39'によって電極の側面30
方向の隙間は塞がれていることから、励起不活性ガス放出口34, 34'より電極31,
32間、電極31', 32'間の外へと放出される。

【0089】

一方、電極32, 32'間には反応ガス導入口35から反応ガスが導入される。電極32
, 32'間に導入された反応ガスは、新たに反応ガス導入口35から導入されてくる反応
ガスに押され、また、蓋体39, 39'によって電極の側面方向の隙間は塞がれているこ
とから、反応ガス放出口36から電極32, 32'間の外へと放出される。

【0090】

反応ガス放出口36から放出される反応ガスは、励起不活性ガス放出口34と励起不活性
ガス放出口34'から放出される励起不活性ガスとに挟み込まれるようにして接触し、反40
応ガスはプラズマ化され、所望の成膜処理が行われる。従って、素材14の光学面が非球
面状の曲面であり、又そこに凹凸パターンが形成されていても、大気圧下で均一且つ緻密
な膜を成膜できる。

【0091】

大気圧プラズマ処理装置30は、電極間の外で基材の表面処理を行うことから、光学部品
の素材14には支持体のようなシート状の基材のみでなく、様々な大きさ、形状のものを
処理することが可能となる。例えば、レンズ形状、球状などの厚みを有するような形状の
基材も表面処理を行うことができる。

【0092】

図1の大気圧プラズマ処理装置30に用いられる電極システムは、電極31, 32, 31 50

、 3 2 ' で構成され、電極 3 1、 3 2 間と電極 3 1'、 3 2' 間に電圧が印加されるようになっているのであるが、この電極システムを複数設け、さらに各電極システムに不活性ガス導入口、励起不活性ガス放出口、反応ガス導入口、反応ガス放出口を設けることで、基材の表面処理を複数回行うことができるようになるので好ましい。これにより、光学部品の素材 1 4 に異なる成分の複数製膜（例えば反射防止コート）を施したりすることができる。

【 0 0 9 3 】

図 2 は、別な大気圧プラズマ処理装置 4 0 を示す斜視図である。尚、以降の図の説明においては、前述の図の説明で説明された符号と同じ符号のものの説明及びそれに関連する説明について省略されている場合があるが、特に説明がない限りは前述の図の説明と同じである。 10

【 0 0 9 4 】

4 1 は内側電極であり、4 2 は外側電極である。内側電極 4 1、外側電極 4 2 は、円筒状の電極であり、外側電極 4 2 の筒管内に内側電極 4 1 を同心配置している。

【 0 0 9 5 】

本実施形態では内側電極 4 1、外側電極 4 2 の対向する面を共に誘電体で被覆したが、内側電極 4 1、外側電極 4 2 のうちどちらかの電極の対向する面に誘電体が被覆されていればよい。

【 0 0 9 6 】

内側電極 4 1、外側電極 4 2 には、先ほど図 3 で説明した電極 3 1、 3 2、 3 1'、 3 2' 20' に用いた電極、誘電体を用いることができる。

【 0 0 9 7 】

4 3 は内側電極 4 1 と外側電極 4 2 の間に不活性ガスを導入するための不活性ガス導入口である。内側電極 4 1 と外側電極 4 2 の間とは、外側電極 4 2 の筒管内の領域において、内側電極 4 1 及び内側電極 4 1 の筒管内の領域を除いた領域である。また、不活性ガス導入口 4 3 は内側電極 4 1 と外側電極 4 2 の間の隙間の一方を用いる。

【 0 0 9 8 】

図 2 の大気圧プラズマ処理装置 4 0 においては、不活性ガス導入口 4 3 は、内側電極 4 1 と外側電極 4 2 の間の隙間の一部をそのまま不活性ガス導入口 4 3 として用いているが、該隙間にさらに部材を設けることで、不活性ガス導入口 4 3 を内側電極 4 1 と外側電極 4 30 2 の間に不活性ガスを効率よく容易に導入することができる形状にするのが好ましい。

【 0 0 9 9 】

4 4 は、内側電極 4 1 と外側電極 4 2 の間で発生した励起不活性ガスを内側電極 4 1 と外側電極 4 2 の間の外に放出するための励起不活性ガス放出口であり、内側電極 4 1 と外側電極 4 2 の間の隙間のうち不活性ガス導入口 4 3 として用いていないほうの隙間を用いる。

【 0 1 0 0 】

図 2 の大気圧プラズマ処理装置 4 0 においては、励起不活性ガス放出口 4 4 は、内側電極 4 1 と外側電極 4 2 の間の隙間の一部をそのまま励起不活性ガス放出口 4 4 としているが、該隙間にさらにノズルのような部材を設けることで、内側電極 4 1 と外側電極 4 2 の間 40 で発生した励起不活性ガスを外部に放出する際に放出角度や放出強度を調整できるようにするのが好ましい。

【 0 1 0 1 】

4 5 は内側電極 4 1 の筒管内に反応ガスを導入するための反応ガス導入口であり、内側電極 4 1 の筒管の口のうち、一方の口を、反応ガス導入口 4 5 として用いている。尚、反応ガス導入口 4 5 は不活性ガス導入口 4 3 と同じ方向となる口を用いる。

【 0 1 0 2 】

図 2 の大気圧プラズマ処理装置 4 0 においては、反応ガス導入口 4 5 は、内側電極 4 1 の筒管の口の一部をそのまま反応ガス導入口 4 5 として用いているが、該筒管の口にさらに部材を設けることで、反応ガス導入口 4 5 を内側電極 4 1 の筒管内に反応ガスを効率よく 50

容易に導入することができる形状にするのが好ましい。

【 0 1 0 3 】

4 6 は、内側電極 4 1 の筒管内に導入した反応ガスを筒管内の外に放出するための反応ガス放出口であり、内側電極 4 1 の筒管の口のうち、反応ガス導入口 4 5 として用いていないほうの口を用いる。よって、反応ガス放出口 4 6 は励起不活性ガス放出口 4 4 と同じ方向となることになる。

【 0 1 0 4 】

図 2 の大気圧プラズマ処理装置 4 0 においては、内側電極 4 1 の筒管の口の一部をそのまま反応ガス放出口 4 6 としているが、該筒管の口にさらにノズルのような部材を設けることで、該反応ガスを外部に放出する際に放出角度や放出強度を調整できるようにするのが 10 好ましい。

【 0 1 0 5 】

前述したように、反応ガス放出口 4 6 と励起不活性ガス放出口 4 4 は同じ方向に設けられ、また、反応ガス放出口 4 6 は、励起不活性ガス放出口 4 4 に周囲を囲まれた構造となる。従って、反応ガス放出口 4 6 から放出される反応ガスは、励起不活性ガス放出口 4 4 から放出される励起不活性ガスに包まれた状態で接触する。これにより、反応ガスが効率よくプラズマ化される。

【 0 1 0 6 】

本実施形態では、1つの反応ガス放出口の周囲を励起不活性ガス放出口で囲んだ構造としているが、内側電極の内側に新たに筒管状である内側電極、外側電極を設け、同様に反応 20 ガス放出口、不活性ガス放出口を設け、構造としては、内側から順に、反応ガス放出口、励起不活性ガス放出口、反応ガス放出口、励起不活性ガス放出口という構造にすると、反応ガスが励起不活性ガスと包み込んで接触し、さらに挟み込んで接触するので好ましい。

【 0 1 0 7 】

図 2 の大気圧プラズマ処理装置 4 0 に用いられる電極システムは、内側電極 4 1 と外側電極 4 2 で構成され、内側電極 4 1 と外側電極 4 2 の間に高周波電源 3 7 で電圧を印加されるようになっているのであるが、この電極システムを複数設け、さらに各電極システムに不活性ガス導入口、励起不活性ガス放出口、反応ガス導入口、反応ガス放出口を設けることで、基材の表面処理を複数回行うことができるようになるので好ましい。これにより、 30 光学部品の素材 1 4 に異なる成分の複数製膜を施したりすることができる。これは、例えば酸化シリコンなどの低屈折率層と、酸化チタンや窒化シリコンなどの高屈折率層とを多層状に設けることで、反射防止膜等の成膜を行うのに有効である。

【 0 1 0 8 】

次に図 2 に示した大気圧プラズマ処理装置 4 0 を用いた大気圧プラズマ処理方法を説明する。不活性ガス導入口 4 3 から内側電極 4 1 と外側電極 4 2 の間に不活性ガスを導入し、内側電極 4 1 と外側電極 4 2 の間に大気圧又は大気圧近傍の圧力下で不活性ガスを存在させる。内側電極 4 1 と外側電極 4 2 の間に高周波電源 3 7 によって高周波電圧が印加され、内側電極 4 1 と外側電極 4 2 の間に存在する不活性ガスを励起して励起不活性ガスを発生させる。内側電極 4 1 と外側電極 4 2 の間で発生した励起不活性ガスは、新たに不活性 40 ガス導入口 4 3 から導入されてくる不活性ガスに押し出されるようにして、励起不活性ガス放出口 4 4 より内側電極 4 1 と外側電極 4 2 の間から外部へと放出される。

【 0 1 0 9 】

一方、反応ガス導入口 4 5 から内側電極 4 1 の筒管内に反応ガスを導入し、反応ガス放出口 4 6 から反応ガスを放出する。反応ガス放出口 4 6 から放出される反応ガスは、反応ガス放出口 4 6 のまわりを取り囲む励起不活性ガス放出口 4 4 から放出される励起不活性ガスに包み込まれるようにして接触し、反応ガスはプラズマ化される。

【 0 1 1 0 】

不図示の搬送装置により、光学部品の素材 1 4 を大気圧プラズマ処理装置 4 0 の電極間の下方に配置するので、光学部品の素材 1 4 には適切な表面処理が成される。本実施の形態においても、素材 1 4 の光学面が非球面状の曲面であり、又そこに凹凸パターンが形成さ 50

れていても、大気圧下で均一且つ緻密な膜を成膜できる。

【 0 1 1 1 】

本発明の表面処理方法を実施するにあたり、使用できるガスは、基材上に設けたい薄膜の種類によって異なるが、基本的に、不活性ガスと、薄膜を形成するための反応性ガスの混合ガスである。反応性ガスは、混合ガスに対し、0.01～10体積%含有させることが好ましい。薄膜の膜厚としては、0.1nm～1000nmの範囲の薄膜が得られる。

【 0 1 1 2 】

上記不活性ガスとは、N₂及び周期表の第18属元素、具体的には、ヘリウム、ネオン、アルゴン、クリプトン、キセノン、ラドン等が挙げられるが、本発明に記載の効果を得るためには、ヘリウム、アルゴンが好ましく用いられる。緻密で、高精度の薄膜を形成するためには、不活性ガスとしてアルゴンを用いることが最も好ましい。アルゴンを用いると、高密度プラズマを発生しやすいのではないかと推定している。アルゴンガスは、混合ガス（不活性ガスと反応性ガスの混合ガス）100体積%に対し、90体積%以上含有されることが好ましい。さらに好ましくは95体積%以上である。

【 0 1 1 3 】

反応性ガスは、放電空間でプラズマ状態となり、薄膜を形成する成分を含有するものであり、有機金属化合物、有機化合物、無機化合物等である。

【 0 1 1 4 】

例えば、反応性ガスとして、ジnkアセチルアセトナート、トリエチルインジウム、トリメチルインジウム、ジエチル亜鉛、ジメチル亜鉛、エトラエチル錫、エトラメチル錫、ニ酢酸ジ-n-ブチル錫、テトラブチル錫、テトラオクチル錫などから選択された少なくとも1つの有機金属化合物を含むガスを用いて、導電性膜あるいは帯電防止膜、あるいは反射防止膜の中屈折率層として有用な金属酸化物層を形成することができる。

【 0 1 1 5 】

また、反応性ガスとして、フッ素含有化合物ガスを用いることによって、基材表面にフッ素含有基を形成させて表面エネルギーを低くし、撥水性表面を得る撥水膜を得ることが出来る。フッ素元素含有化合物としては、6フッ化プロピレン（C₃F₆）、8フッ化シクロブタン（C₄F₈）等のフッ素・炭素化合物が挙げられる。安全上の観点から、有害ガスであるフッ化水素を生成しない6フッ化プロピレン、8フッ化シクロブタンを用いることができる。

【 0 1 1 6 】

また、分子内に親水性基と重合性不飽和結合を有するモノマーの雰囲気下で処理を行うことにより、親水性の重合膜を堆積させることもできる。上記親水性基としては、水酸基、スルホン酸基、スルホン酸塩基、1級若しくは2級又は3級アミノ基、アミド基、4級アンモニウム塩基、カルボン酸基、カルボン酸塩基等の親水性基等が挙げられる。又、ポリエチレングリコール鎖を有するモノマーを用いても同様に親水性重合膜を堆積が可能である。

【 0 1 1 7 】

上記モノマーとしては、アクリル酸、メタクリル酸、アクリルアミド、メタクリルアミド、N,N-ジメチルアクリルアミド、アクリル酸ナトリウム、メタクリル酸ナトリウム、アクリル酸カリウム、メタクリル酸カリウム、スチレンスルホン酸ナトリウム、アリルアルコール、アリルアミン、ポリエチレングリコールジメタクリル酸エステル、ポリエチレングリコールジアクリル酸エステルなどが挙げられ、これらの少なくとも1種が使用できる。

【 0 1 1 8 】

また、有機フッ素化合物、珪素化合物またはチタン化合物を含有する反応性ガスを用いることにより、反射防止膜の低屈折率層または高屈折率層を設けることが出来る。

【 0 1 1 9 】

有機フッ素化合物としては、フッ化炭素ガス、フッ化炭化水素ガス等が好ましく用いられる。フッ化炭素ガスとしては、4フッ化炭素、6フッ化炭素、具体的には、4フッ化メタ

10

20

30

40

50

ン、4フッ化エチレン、6フッ化プロピレン、8フッ化シクロブタン等が挙げられる。前記のフッ化炭化水素ガスとしては、2フッ化メタン、4フッ化エタン、4フッ化プロピレン、3フッ化プロピレン等が挙げられる。

【0120】

更に、1塩化3フッ化メタン、1塩化2フッ化メタン、2塩化4フッ化シクロブタン等のフッ化炭化水素化合物のハロゲン化物やアルコール、酸、ケトン等の有機化合物のフッ素置換体を用いることが出来るがこれらに限定されない。また、これらの化合物が分子内にエチレン性不飽和基を有していても良い。前記の化合物は単独でも混合して用いても良い。

【0121】

混合ガス中に上記記載の有機フッ素化合物を用いる場合、放電プラズマ処理により基材上に均一な薄膜を形成する観点から、混合ガス中の有機フッ素化合物の含有率は、0.1～10体積%であることが好ましいが、更に好ましくは、0.1～5体積%である。

【0122】

また、本発明に係る有機フッ素化合物が常温、常圧で気体である場合は、混合ガスの構成成分として、そのまま使用できるので最も容易に本発明の方法を遂行することができる。しかし、有機フッ素化合物が常温・常圧で液体又は固体である場合には、加熱、減圧等の方法により気化して使用すればよく、また、又、適切な溶剤に溶解して用いてもよい。

【0123】

混合ガス中に上記記載のチタン化合物を用いる場合、放電プラズマ処理により基材上に均一な薄膜を形成する観点から、混合ガス中のチタン化合物の含有率は、0.01～10体積%であることが好ましいが、更に好ましくは、0.01～5体積%である。

【0124】

また、反応性ガスとして、水素化金属化合物、ハロゲン化金属化合物、水酸化金属化合物、過酸化金属化合物などを用いることも可能であり、これらを適宜気化して用いればよい。

【0125】

また、上記記載の混合ガス中に水素ガスを0.1～10体積%含有させることにより薄膜の硬度を著しく向上させることが出来る。

【0126】

また、混合ガス中に酸素、オゾン、過酸化水素、二酸化炭素、一酸化炭素、水素、窒素から選択される成分を0.01～5体積%含有させることにより、反応促進され、且つ、緻密で良質な薄膜を形成することができる。

【0127】

上記記載の珪素化合物、チタン化合物としては、取り扱い上の観点から金属水素化合物、金属アルコキシドが好ましく、腐食性、有害ガスの発生がなく、工程上の汚れなども少ないことから、金属アルコキシドが好ましく用いられる。

【0128】

また、上記記載の珪素化合物、チタン化合物を放電空間である電極間に導入するには、両者は常温常圧で、気体、液体、固体いずれの状態であっても構わない。気体の場合は、そのまま放電空間に導入できるが、液体、固体の場合は、加熱、減圧、超音波照射等の手段により気化させて使用される。珪素化合物、チタン化合物を加熱により気化して用いる場合、テトラエトキシシラン、テトライソプロポキシチタンなど、常温で液体で、沸点が200℃以下である金属アルコキシドが反射防止膜の形成に好適に用いられる。上記金属アルコキシドは、溶媒によって希釈して使用されても良く、溶媒は、メタノール、エタノール、n-ヘキサンなどの有機溶媒及びこれらの混合溶媒が使用できる。尚、これらの希釈溶媒は、プラズマ放電処理中において、分子状、原子状に分解される為、基材上への薄膜の形成、薄膜の組成などに対する影響は殆ど無視することが出来る。

【0129】

上記記載の珪素化合物としては、例えば、ジメチルシラン、テトラメチルシランなどの有

10

20

30

40

50

機金属化合物、モノシラン、ジシランなどの金属水素化合物、二塩化シラン、三塩化シランなどの金属ハロゲン化合物、テトラメトキシシラン、テトラエトキシシラン、ジメチルジエトキシシランなどのアルコキシシラン、オルガノシランなどを用いることが好ましいがこれらに限定されない。また、これらは適宜組み合わせて用いることが出来る。特に、酸化シリコン膜表面に、ジメチルジエトキシシランを主成分とし、水素、Ar、N₂、酸素の少なくとも一種を混合したガスを用い、プラズマ処理すると、良好な撥水性コート膜又は防汚性コート膜が得られる。

【0130】

混合ガス中に上記記載の珪素化合物を用いる場合、放電プラズマ処理により基材上に均一な薄膜を形成する観点から、混合ガス中の珪素化合物の含有率は、0.1～10体積%であることが好ましいが、更に好ましくは、0.1～5体積%である。

【0131】

上記記載のチタン化合物としては、テトラジメチルアミノチタンなどの有機金属化合物、モノチタン、ジチタンなどの金属水素化合物、二塩化チタン、三塩化チタン、四塩化チタンなどの金属ハロゲン化合物、テトラエトキシチタン、テトライソプロポキシチタン、テトラブトキシチタンなどの金属アルコキシドなどを用いることが好ましいがこれらに限定されない。

【0132】

反応性ガスに有機金属化合物を添加する場合、例えば、有機金属化合物としてLi, Be, B, Na, Mg, Al, Si, K, Ca, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Mo, Cd, In, Ir, Sn, Sb, Cs, Ba, La, Hf, Ta, W, Tl, Pb, Bi, Ce, Pr, Nd, Pm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Luから選択される金属を含むことができる。より好ましくは、これらの有機金属化合物が金属アルコキシド、アルキル化金属、金属錯体から選ばれるものが好ましい。

【0133】

上記または上記以外の反応性ガスを適宜選択して、本発明の薄膜形成方法に使用することにより様々な高機能性の薄膜を得ることができる。その一例を以下に示すが、本発明はこれに限られるものではない。

電極膜 Au, Al, Ag, Ti, Ta, Pt, Mo, Mo-Si 30

誘電体保護膜 SiO₂, SiO, Si₃N₄, Al₂O₃, Al₂O₃, Y₂O₃

透明導電膜 In₂O₃, SnO₂

エレクトロクロミック膜 WO₃, IrO₂, MoO₃, V₂O₅

蛍光膜 ZnS, ZnS+ZnSe, ZnS+CdS

磁気記録膜 Fe-Ni, Fe-Si-Al, γ-Fe₂O₃, Co, Fe₃O₄, Cr, SiO₂, AlO₃

超導電膜 Nb, Nb-Ge, NbN

太陽電池膜 a-Si, Si

反射膜 Ag, Al, Au, Cu

選択性吸収膜 ZrC-Zr 40

選択性透過膜 In₂O₃, SnO₂

反射防止膜 SiO₂, TiO₂, SnO₂

シャドーマスク Cr

耐摩耗性膜 Cr, Ta, Pt, TiC, TiN

耐食性膜 Al, Zn, Cd, Ta, Ti, Cr

耐熱膜 W, Ta, Ti

潤滑膜 MoS₂

装飾膜 Cr, Al, Ag, Au, TiC, Cu

親水性コート膜 TiO_x, SiO_x, TiC

撥水性コート膜 SiO_x-F_y, TiO_x-F_y 50

防汚性コート膜 SiO_x 、 $\text{SiO}_x - \text{F}_y$ 、 $\text{TiO}_x - \text{F}_y$

【 0 1 3 4 】

次に、本発明に用いることができる基材について説明する。

本発明に用いることができる基材としては、レンズ状等の立体形状のもの等、薄膜をその表面に形成できるものであれば特に限定はない。基材が電極間に載置できるものであれば、電極間に載置することによって、基材が電極間に載置できないものであれば、発生したプラズマを当該基材に吹き付けることによって薄膜を形成すればよい。

【 0 1 3 5 】

基材を構成する材料も特に限定はないが、大気圧または大気圧近傍の圧力下であることと、低温のグロー放電であることから、樹脂を好ましく用いることができる。

10

【 0 1 3 6 】

また、これら基材は、支持体上に防眩層やクリアハードコート層を塗設したり、バックコート層、帯電防止層、反射防止膜を、塗布法、ミスト法、真空蒸着法、又はスパッタ法で設けたものを用いることが出来る。

【 0 1 3 7 】

上記の基材としては、具体的には、ポリエチレンテレフタレート、ポリエチレンナフタレート等のポリエステル基材、ポリエチレン基材、ポリプロピレン基材、セロファン、セルロースジアセテート基材、セルロースアセテートブチレート基材、セルロースアセテートプロピオネート基材、セルロースアセテートフタレート基材、セルローストリアセテート、セルロースナイトレート等のセルロースエステル類またはそれらの誘導体からなる基材、ポリ塩化ビニリデン基材、ポリビニルアルコール基材、エチレンビニルアルコール基材、シンジオタクティックポリスチレン系基材、ポリカーボネート基材、ノルボルネン樹脂系基材、ポリメチルペンテン基材、ポリエーテルケトン基材、ポリイミド基材、ポリエーテルスルホン基材、ポリスルホン系基材、ポリエーテルケトンイミド基材、ポリアミド基材、フッ素樹脂基材、ナイロン基材、アクリル系基材あるいはポリアリレート系基材、ポリオレフィン系基材（特に好ましくは非晶質ポリオレフィン系基材）、ガラス等を挙げることができる。また、これらの基材の上に、活性線硬化樹脂や熱硬化性樹脂などで凹凸形状を形成したものも基材として使用できる。

20

【 0 1 3 8 】

これらの素材は単独であるいは適宜混合されて使用することもできる。中でもアベル（三井化学（株）製）、ゼオネックス（日本ゼオン（株）製）、ARTON（JSR（株）製）などの市販品を好ましく使用することができる。更に、ポリカーボネート、ポリアリレート、ポリスルホン及びポリエーテルスルホンなどの固有複屈折率の大きい素材も用いられる。

30

【 0 1 3 9 】

本発明において、基材と放電プラズマ処理により形成される薄膜との密着性を向上させる観点から、1種以上のエチレン性不飽和モノマーを含む成分を重合させて形成した層に、上記記載の放電プラズマ処理をして形成されたものであることが好ましく、特に、前記エチレン性不飽和モノマーを含む成分を重合させて形成した層をpH10以上の溶液で処理した後に放電プラズマ処理することにより、さらに密着性が改善されるため好ましい。pH10以上の溶液としては、0.1～3mol/Lの水酸化ナトリウムもしくは水酸化カリウム水溶液等が好ましく用いられる。

40

【 0 1 4 0 】

エチレン性不飽和モノマーを含む成分を重合させて形成した樹脂層としては、活性線硬化樹脂あるいは熱硬化樹脂を構成成分として含有する層が好ましく用いられるが、特に好ましく用いられるのは活性線硬化樹脂層である。

【 0 1 4 1 】

ここで、活性線硬化樹脂層とは紫外線や電子線のような活性線照射により架橋反応などを経て硬化する樹脂を主たる成分とする層をいう。活性線硬化樹脂としては紫外線硬化性樹脂や電子線硬化性樹脂などが代表的なものとして挙げられるが、紫外線や電子線以外の活

50

性線照射によって硬化する樹脂でもよい。紫外線硬化性樹脂としては、例えば、紫外線硬化型アクリルウレタン系樹脂、紫外線硬化型ポリエステルアクリレート系樹脂、紫外線硬化型エポキシアクリレート系樹脂、紫外線硬化型ポリオールアクリレート系樹脂、または紫外線硬化型エポキシ樹脂等を挙げることが出来る。

【 0 1 4 2 】

紫外線硬化型アクリルウレタン系樹脂は、一般にポリエステルポリオールにイソシアネートモノマー、もしくはプレポリマーを反応させて得られた生成物に更に2-ヒドロキシエチルアクリレート、2-ヒドロキシエチルメタクリレート（以下アクリレートにはメタクリレートを包含するものとしてアクリレートのみを表示する）、2-ヒドロキシプロピルアクリレート等の水酸基を有するアクリレート系のモノマーを反応させることによって容易に得ることが出来る（例えば、特開昭59-151110号等を参照）。 10

【 0 1 4 3 】

紫外線硬化型ポリエステルアクリレート系樹脂は、一般にポリエステルポリオールに2-ヒドロキシエチルアクリレート、2-ヒドロキシアクリレート系のモノマーを反応させることによって容易に得ることが出来る（例えば、特開昭59-151112号を参照）。

【 0 1 4 4 】

紫外線硬化型エポキシアクリレート系樹脂の具体例としては、エポキシアクリレートをオリゴマーとし、これに反応性希釈剤、光反応開始剤を添加し、反応させたものを挙げることが出来る（例えば、特開平1-105738号）。この光反応開始剤としては、ベンゾイン誘導体、オキシムケトン誘導体、ベンゾフェノン誘導体、チオキサントン誘導体等のうちから、1種もしくは2種以上を選択して使用することが出来る。 20

【 0 1 4 5 】

また、紫外線硬化型ポリオールアクリレート系樹脂の具体例としては、トリメチロールプロパントリアクリレート、ジトリメチロールプロパントetraアクリレート、ペンタエリスリトールトリアクリレート、ペンタエリスリトールテトラアクリレート、ジペンタエリスリトールヘキサアクリレート、アルキル変性ジペンタエリスリトールペンタアクリレート等を挙げることが出来る。

【 0 1 4 6 】

これらの樹脂は通常公知の光増感剤と共に使用される。また上記光反応開始剤も光増感剤としても使用出来る。具体的には、アセトフェノン、ベンゾフェノン、ヒドロキシベンゾフェノン、ミヒラーズケトン、 α -アミロキシムエステル、チオキサントン等及びこれらの誘導体を挙げることが出来る。また、エポキシアクリレート系の光反応剤の使用の際、 n -ブチルアミン、トリエチルアミン、トリ- n -ブチルホスフィン等の増感剤を用いることが出来る。塗布乾燥後に揮発する溶媒成分を除いた紫外線硬化性樹脂組成物に含まれる光反応開始剤又光増感剤は該組成物の2.5~6質量%であることが好ましい。 30

【 0 1 4 7 】

樹脂モノマーとしては、例えば、不飽和二重結合が一つのモノマーとして、メチルアクリレート、エチルアクリレート、ブチルアクリレート、酢酸ビニル、ベンジルアクリレート、シクロヘキシルアクリレート、スチレン等の一般的なモノマーを挙げることが出来る。また不飽和二重結合を二つ以上持つモノマーとして、エチレングリコールジアクリレート、プロピレングリコールジアクリレート、ジビニルベンゼン、1,4-シクロヘキサジアクリレート、1,4-シクロヘキシルジメチルアジアクリレート、前出のトリメチロールプロパントリアクリレート、ペンタエリスリトールテトラアクリルエステル等を挙げることが出来る。 40

【 0 1 4 8 】

例えば、紫外線硬化樹脂としては、アデカオプトマーKR・BYシリーズ：KR-400、KR-410、KR-550、KR-566、KR-567、BY-320B（以上、旭電化工業株式会社製）、あるいはコーエイハードA-101-KK、A-101-WS、C-302、C-401-N、C-501、M-101、M-102、T-102、D-102、NS-101、FT-102Q8、MAG-1-P20、AG-106、M- 50

101-C (以上、広栄化学工業株式会社製)、あるいはセイカビームPHC2210(S)、PHC X-9(K-3)、PHC2213、DP-10、DP-20、DP-30、P1000、P1100、P1200、P1300、P1400、P1500、P1600、SCR900 (以上、大日精化工業株式会社製)、あるいはKRM7033、KRM7039、KRM7130、KRM7131、UVECRYL29201、UVECRYL29202 (以上、ダイセル・ユーシービー株式会社)、あるいはRC-5015、RC-5016、RC-5020、RC-5031、RC-5100、RC-5102、RC-5120、RC-5122、RC-5152、RC-5171、RC-5180、RC-5181 (以上、大日本インキ化学工業株式会社製)、あるいはオーレックスNO.340クリヤ (中国塗料株式会社製)、あるいはサンラッドH-601 (三洋化成工業株式会社製)、あるいはSP-1509、SP-1507 (昭和高分子株式会社製)、あるいはRCC-15C (グレース・ジャパン株式会社製)、アロニックスM-6100、M-8030、M-8060 (以上、東亜合成株式会社製)あるいはその他の市販のものから適宜選択して利用できる。

【0149】

本発明に用いられる活性線硬化樹脂層は公知の方法で塗設することができる。活性線硬化性樹脂を光硬化反応により硬化皮膜層を形成するための光源としては、紫外線を発生する光源であればいずれでも使用出来る。例えば、低圧水銀灯、中圧水銀灯、高圧水銀灯、超高圧水銀灯、カーボンアーク灯、メタルハライドランプ、キセノンランプ等を用いることが出来る。照射条件はそれぞれのランプによって異なるが、照射光量は20~10000 mJ/cm^2 程度あればよく、好ましくは、50~2000 mJ/cm^2 である。近紫外線領域~可視光線領域にかけてはその領域に吸収極大のある増感剤を用いることによって使用出来る。

【0150】

活性線硬化樹脂層を塗設する際の溶媒として前述のバックコート層や導電性微粒子を含有する樹脂層を塗設する溶媒、例えば、炭化水素類、アルコール類、ケトン類、エステル類、グリコールエーテル類、その他の溶媒の中から適宜選択し、あるいはこれらを混合し利用できる。好ましくは、プロピレングリコールモノ(炭素数1~4のアルキル基)アルキルエーテルまたはプロピレングリコールモノ(炭素数1~4のアルキル基)アルキルエーテルエステルを5質量%以上、さらに好ましくは5~80質量%以上含有する溶媒が用いられる。

【0151】

紫外線硬化性樹脂組成物塗布液の塗布方法としては、グラビアコーター、スピナーコーター、ワイヤーバーコーター、ロールコーター、リバースコーター、押し出しコーター、エアードクターコーター等公知の方法を用いることが出来る。塗布量はウェット膜厚で0.1~30 μm が適当で、好ましくは、0.5~15 μm である。

【0152】

紫外線硬化性樹脂組成物は塗布乾燥された後、紫外線を光源より照射するが、照射時間は0.5秒~5分がよく、紫外線硬化性樹脂の硬化効率、作業効率とから3秒~2分がより好ましい。

【0153】

こうして得た硬化皮膜層に、ブロッキングを防止するため、また対擦り傷性等を高めるために無機あるいは有機の微粒子を加えることが好ましい。例えば、無機微粒子としては酸化ケイ素、酸化チタン、酸化アルミニウム、酸化錫、酸化亜鉛、炭酸カルシウム、硫酸バリウム、タルク、カオリン、硫酸カルシウム等を挙げることができ、また有機微粒子としては、ポリメタアクリル酸メチルアクリレート樹脂粉末、アクリルスチレン系樹脂粉末、ポリメチルメタクリレート樹脂粉末、シリコン系樹脂粉末、ポリスチレン系樹脂粉末、ポリカーボネート樹脂粉末、ベンゾグアナミン系樹脂粉末、メラミン系樹脂粉末、ポリオレフィン系樹脂粉末、ポリエステル系樹脂粉末、ポリアミド系樹脂粉末、ポリイミド系樹脂粉末、あるいはポリ弗化エチレン系樹脂粉末等を挙げることができ、紫外線硬化性樹脂組

10

20

30

40

50

成物に加えることが出来る。これらの微粒子粉末の平均粒径としては、 $0.005\mu\text{m}$ ～ $1\mu\text{m}$ が好ましく $0.01\sim 0.1\mu\text{m}$ であることが特に好ましい。

【0154】

紫外線硬化樹脂組成物と微粒子粉末との割合は、樹脂組成物100質量部に対して、 $0.1\sim 10$ 質量部となるように配合することが望ましい。

【0155】

このようにして形成された紫外線硬化樹脂を硬化させた層は中心線表面粗さRaが $1\sim 50\text{nm}$ のクリアハードコート層であっても、Raが $0.1\sim 1\mu\text{m}$ 程度の防眩層であってもよい。本発明では、これらの層の上にプラズマ処理することができる。特に本発明の方法によれば、表面の凹凸のある基材上に均一な低屈折率層あるいは高屈折率層等の光学干渉層を設けることが出来る。

【0156】

本発明において反射防止膜等に用いられる金属酸化膜を成膜する素材としては、屈折率が $1.6\sim 2.4$ の酸化チタンを主成分とする高屈折率層を有することが好ましい。また、さらに、屈折率が $1.3\sim 1.5$ の酸化ケイ素を主成分とする低屈折率層を基材表面に連続して設けることが好ましい。これにより各層の間の密着性が良好となる。好ましくは基材上に紫外線硬化樹脂層を設けた後、直ちにプラズマ処理によって高屈折率層及び低屈折率層を設けることがより好ましい。

【0157】

また、前記酸化チタンを主成分とする高屈折率層は、屈折率が 2.2 以上であることが特に好ましい。また、本発明の薄膜形成方法を用いることにより、このような屈折率の高い金属酸化膜を形成することが可能となるのである。

【0158】

また、この酸化チタンを主成分とする層等の金属酸化物薄膜は、該薄膜中の炭素含有率が $0.1\sim 5$ 質量%であることが下層との密着性と膜の柔軟性のために好ましい。より好ましくは $0.2\sim 5$ 質量%、さらに好ましくは $0.3\sim 3$ 質量%である。この炭素含有量は、上記酸化ケイ素を主成分とする低屈折率層も同様であることが好ましい。

【0159】

炭素含有率は、上記反射防止膜等の金属酸化物の薄膜に限らず、その他の用途・機能を有する金属、金属酸化物、金属窒化物、金属硼化物も同様に好ましい。なぜなら、有機物を含有する反応性ガスを用いて、プラズマ処理によって形成された薄膜は、炭素原子を含んでいるため、前記炭素含有率の薄膜としやすい。プラズマ処理で形成された薄膜に限らず、この範囲に炭素含有率を有する薄膜は、それ自体に柔軟性を与えるため、膜の密着性に優れ好ましい。炭素の比率が少なすぎるとクラックが起きやすく、逆に多くなりすぎると経時で屈折率変動したり、耐傷性が劣化する傾向があり、好ましくない。

【0160】

次に、基材上にハーフミラー膜を形成する例を説明する。ハーフミラー膜は大きく分けて2種類が考えられ、一つはAu、Ag、Cu、Pt、Ni、Pd、Se、Te、Rh、Ir、Ge、Os、Ru、Cr、W等の金属薄膜、または、この金属薄膜に金属薄膜または誘電体膜を積層した（2層以上を積層する場合を含む）合金半透過ミラー膜である。もう一つは誘電体膜または屈折率が異なる誘電体膜を積層した（2層以上を積層する場合を含む）誘電体ミラー膜である。

【0161】

合金半透過ミラー膜は光吸収が大きく、例えば $400\sim 600\text{nm}$ の波長の光に対して 40% 透過、 50% 反射、 10% の吸収があり、半透過型の液晶表示装置に用いる場合は、背面光源の光ロスが大きく、あまり向かない。一方、誘電体ミラー膜はかかる光ロスがないので、様々な用途に好ましく適用可能である。

【0162】

また、ハーフミラー膜としての性能は、構成する材料およびその膜厚を適宜選択することにより、反射率と透過率を自由に設計することが可能である。特に、誘電体ミラー膜は、

屈折率の異なる層を積層したものであり、高屈折率層と低屈折率層を順次、数層～数十層程度積層し、各層の屈折率や層の厚さを設計することにより、所望の性能を有することができる。

【 0 1 6 3 】

誘電体ミラー膜の高屈折率層としては、酸化チタンや酸化タンタルを主成分とし、屈折率 n が $1.85 \leq n \leq 2.60$ のものが好ましく用いられ、副成分として、窒素、炭素、錫、ニッケル、ニオブウムを有していてもよい。また、低屈折率層としては、酸化ケイ素や、フッ化マグネシウムを主成分とし、屈折率 n が $1.30 \leq n \leq 1.57$ のものが好ましく用いられ、副成分として、窒素、炭素、フッ素、硼素、錫を有していてもよい。

【 0 1 6 4 】

これらの成分の中では、酸化ケイ素層 (SiO_2) を主成分とする低屈折率層と酸化チタン層 (TiO_2) (或いは酸化タンタル、酸化ジルコニウム、窒化シリコン、酸化インジウムまたは酸化アルミニウム) を主成分とする高屈折率層とを複数層積層したものを好ましく用いることができる。例えば、 TiO_2 (屈折率 $n = 2.35$) と SiO_2 (屈折率 $n = 1.46$) を交互に積層した多層膜を用いることができる。

【 0 1 6 5 】

例えば、半透過型液晶表示装置において、バックライトと液晶との間に誘電体ハーフミラー膜を有する光学部品を適用する場合、誘電体ハーフミラー膜の設計は、以下の仕様が一例として挙げられるが、これに限定されるものではない。

【 0 1 6 6 】

1. 透過率：反射率 = 40 : 60 の場合の設計例を表 1 に示す。ガラス基材に低屈折率層と高屈折率層とを層番号 13 ~ 1 の順に合計 13 層積層したものである。

【表 1】

層番号	材料	屈折率	消光係数	光学膜厚
1	TiO2	2.34867	0.00037	0.07648704
2	SiO2	1.46180	0.00000	0.13459754
3	TiO2	2.34867	0.00037	0.31283745
4	SiO2	1.46180	0.00000	0.11558490
5	TiO2	2.34867	0.00037	0.21469850
6	SiO2	1.46180	0.00000	0.15840022
7	TiO2	2.34867	0.00037	0.33493599
8	SiO2	1.46180	0.00000	0.28253394
9	TiO2	2.34867	0.00037	0.28877475
10	SiO2	1.46180	0.00000	0.35592376
11	TiO2	2.34867	0.00037	0.32675487
12	SiO2	1.46180	0.00000	0.05033993
13	TiO2	2.34867	0.00037	0.04911753
基材	ガラス	1.52092	0.00000	

上記表 1 の設計によりガラス基材上に形成した誘電体ハーフミラー膜の実測の透過率及び反射率を図 4 のグラフに示す。

【 0 1 6 7 】

2. 透過率：反射率 = 20 : 80 の場合の設計例を表 2 に示す。ガラス基材に低屈折率層と高屈折率層とを層番号 14 ~ 1 の順に合計 14 層積層したものである。

【表 2】

層番号	材料	屈折率	消光係数	光学膜厚
1	TiO2	2.34867	0.00037	0.38748435
2	SiO2	1.46180	0.00000	0.33217658
3	TiO2	2.34867	0.00037	0.33713691
4	SiO2	1.46180	0.00000	0.29840595
5	TiO2	2.34867	0.00037	0.29905633
6	SiO2	1.46180	0.00000	0.31910406
7	TiO2	2.34867	0.00037	0.26218421
8	SiO2	1.46180	0.00000	0.23897652
9	TiO2	2.34867	0.00037	0.15501907
10	SiO2	1.46180	0.00000	0.21418007
11	TiO2	2.34867	0.00037	0.24266694
12	SiO2	1.46180	0.00000	0.25078465
13	TiO2	2.34867	0.00037	0.06588711
14	SiO2	1.46180	0.00000	0.27369652
基材	ガラス	1.52092	0.00000	

10

上記表 2 の設計によりガラス基材上に形成した誘電体ハーフミラー膜の実測の透過率及び反射率を図 5 のグラフに示す。

【 0 1 6 8 】

3. 透過率：反射率＝70：30 の場合の設計例を表 3 に示す。ガラス基材に低屈折率層 20 と高屈折率層とを層番号 5～1 の順に合計 5 層積層したものである。

【表 3】

層番号		屈折率	消光係数	光学膜厚
1	TiO2	2.34867	0.00037	0.35294937
2	SiO2	1.46180	0.00000	0.22012418
3	TiO2	2.34867	0.00037	0.26249928
4	SiO2	1.46180	0.00000	0.08861230
5	TiO2	2.34867	0.00037	0.10091448
基材	ガラス	1.52092	0.00000	

30

上記表 3 の設計によりガラス基材上に形成した誘電体ハーフミラー膜の実測の透過率及び反射率を図 6 のグラフに示す。

【 0 1 6 9 】

4. 透過率と反射率が波長 450～700nm の領域で一定値を維持せず大きく変動している場合の設計例を表 4 に示す。ガラス基材に低屈折率層と高屈折率層とを層番号 10～1 の順に合計 10 層積層したものである。

【表 4】

層番号		屈折率	消光係数	光学膜厚
1	TiO ₂	2.34867	0.00037	0.29639717
2	SiO ₂	1.46180	0.00000	0.26298158
3	TiO ₂	2.34867	0.00037	0.27443390
4	SiO ₂	1.46180	0.00000	0.21066935
5	TiO ₂	2.34867	0.00037	0.56265880
6	SiO ₂	1.46180	0.00000	0.61285532
7	TiO ₂	2.34867	0.00037	0.49823492
8	SiO ₂	1.46180	0.00000	0.43447003
9	TiO ₂	2.34867	0.00037	0.26841990
10	SiO ₂	1.46180	0.00000	0.27132065
基材	ガラス	1.52092	0.00000	

10

上記表 4 の設計によりガラス基材上に形成した誘電体ハーフミラー膜の実測の透過率及び反射率を図 7 のグラフに示す。

【 0 1 7 0 】

5. 透過率：反射率＝80：20の場合の設計例を表 5 に示す。アクリル樹脂基材に低屈 20
折率層と高屈折率層とを層番号 4～1 の順に合計 4 層積層したものである。

【表 5】

層番号		屈折率	消光係数	光学膜厚
1	Al ₂ O ₃	1.67716	0.00000	0.18333673
2	TaO _x	2.05610	0.00000	0.37815194
3	SiO ₂	1.45920	0.00000	0.23405331
4	TaO _x	2.05610	0.00000	0.22811036
基材	アクリル樹脂	1.50408	0.00000	

30

上記表 5 の設計によりアルミ樹脂基材上に形成した誘電体ハーフミラー膜の実測の透過率及び反射率を図 8 のグラフに示す。

【 0 1 7 1 】

6. 透過率：反射率＝80：20の場合の設計例を表 6 に示す。ガラス基材に低屈折率層
と高屈折率層とを層番号 3～1 の順に合計 3 層積層したものである。

【表 6】

層番号		屈折率	消光係数	光学膜厚
1	SiO ₂	1.46180	0.00000	0.29361307
2	TiO ₂	2.34867	0.00037	0.24928239
3	SiO ₂	1.46180	0.00000	0.40594209
基材	ガラス	1.52092	0.00000	

40

上記表 6 の設計によりガラス基材上に形成した誘電体ハーフミラー膜の実測の透過率及び反射率を図 9 のグラフに示す。

50

【 0 1 7 2 】

但し、表 1 乃至表 6 において、各屈折率は波長 510 nm の光に対する屈折率であり、屈折率を n とすると、光学膜厚は、 $n \times d / 510$ の値であり、 d は各層の実際の膜厚（単位 nm、幾何学的膜厚）である。また、基材としてガラス基材を用い、各積層構成を示したが、実際に使用されるときは、最外層表面に屈折率およそ 1.5 ~ 1.6 のカラーフィルタ層、接着材層または保護層を設けて使うため、反射率、透過率の測定は、最外層が屈折率およそ 1.52 の媒体に接する状態で光線入射角 0 度で波長 375 nm から 725 nm の光により測定した。また、実際の膜厚（幾何学的膜厚）は、有効面積内で、例えば、膜の断面を電子顕微鏡で観察して 5 ポイントの平均で求めることができる。

【 0 1 7 3 】

また、上記酸化ケイ素（ SiO_2 ）や酸化チタン（ TiO_2 ）には必要に応じて、製膜時に窒素を加えることで、ガスバリア性の向上や、屈折率の調整が実現できる。その場合には、 SiO_xN_y 、 TiO_xN_y という組成で表される酸窒化物となる。窒素の比率を上昇させるとガスバリア性が增強されるが、逆に透過率が低下するため、透過率を重視する場合には、 x および y は、次の式を満足するような値が好ましい。

$$0.4 \leq x / (x + y) \leq 0.8$$

【 0 1 7 4 】

本実施の形態に用いることができる透光性を有する基材としては、板状のもの、レンズ状等の立体形状のもの等、ハーフミラー膜をその表面に形成できるものであれば特に限定はない。基材が電極間に載置できるものであれば、電極間に載置し、基材が電極間に載置できないものであれば、発生したプラズマを当該樹脂基材に吹き付けることによって、薄膜を形成する。

【 0 1 7 5 】

基材を構成する材料も特に限定はないが、大気圧または大気圧近傍の圧力下であることと、低温の放電であることから、樹脂基材であっても基材を劣化させるようなことはない。

【 0 1 7 6 】

透光性を有する基材の材料として、ガラス、石英、樹脂、セラミックス等を好ましく用いることができ、特に樹脂材料が好ましい。

【 0 1 7 7 】

また、基材上に下引き層、バックコート層、帯電防止層やその他の機能層を、塗布法、ミスト法、真空蒸着法、又はスパッタ法で設けたものを基材として用いることができる。

【 0 1 7 8 】

上記の下引き層や機能層の材料（基材としても用いられる）としては、具体的には、ポリエチレンテレフタレート、ポリエチレンナフタレート等のポリエステル、ポリエチレン、ポリプロピレン、セロファン、セルロースジアセテート、セルロースアセテートブチレート、セルロースアセテートプロピオネート、セルロースアセテートフタレート、セルローストリアセテート、セルロースナイトレート等のセルロースエステル類またはそれらの誘導体、ポリ塩化ビニリデン、ポリビニルアルコール、エチレンビニルアルコール、シンジオタクティックポリスチレン、ポリカーボネート、ノルボルネン樹脂、ポリメチルペンテン、ポリエーテルケトン、ポリイミド、ポリエーテルスルホン、ポリスルホン類、ポリエーテルケトンイミド、ポリアミド、フッ素樹脂、ナイロン、アクリルあるいはポリアリレート類等を挙げることができる。

【 0 1 7 9 】

本実施の形態のハーフミラー膜としての誘電体ミラー膜または 2 層以上積層した合金半透過ミラー膜は、透光性を有する樹脂基材を、大気圧または大気圧近傍の圧力下において対向する電極間に放電することでプラズマ状態にした反応性ガスに晒すことによって形成する方法（以下、大気圧プラズマ法と称することもある）により、各層を製膜する。

【 0 1 8 0 】

次に、大気圧プラズマ処理法の好ましい態様を説明する。

図 1、2 の装置もしくは他の処理装置により、処理を行う場合、電極間に印加する高周波

10

20

30

40

50

電圧の周波数の上限値は、好ましくは150MHz以下である。また、高周波電圧の周波数の下限値としては、100kHzを超え、好ましくは200kHz以上、さらに好ましくは800kHz以上である。

【0181】

また、電極間に供給する電力の下限値は、 1.0 W/cm^2 以上、好ましくは 1.2 W/cm^2 以上であり、上限値としては、好ましくは 50 W/cm^2 以下、さらに好ましくは 20 W/cm^2 以下である。尚、電極における電圧の印加面積 (cm^2) は、放電が起こる範囲の面積のことを指す。

【0182】

さらに、電極間に印加する高周波電圧は、断続的なパルス波であっても、連続したサイン波であっても構わないが、本発明の効果を高く得るためには、連続したサイン波であることが好ましい。

【0183】

このような電極としては、金属母材上に誘電体を被覆したものであることが好ましい。少なくとも対向する印加電極とアース電極の片側に誘電体を被覆すること、更に好ましくは、対向する印加電極とアース電極の両方に誘電体を被覆することである。誘電体としては、比誘電率が6～45の無機物であることが好ましく、このような誘電体としては、アルミナ、窒化珪素等のセラミックス、あるいは、ケイ酸塩系ガラス、ホウ酸塩系ガラス等のガラスライニング材等がある。

【0184】

また、基材を電極間に載置あるいは電極間を搬送してプラズマに晒す場合には、基材を片方の電極に接して搬送できるようにするだけでなく、更に誘電体表面を研磨仕上げし、電極の表面粗さ R_{max} (JIS B 0601) を $10\text{ }\mu\text{m}$ 以下にすることで、誘電体の厚み及び電極間のギャップを一定に保つことができ、放電状態を安定化できること、更に熱収縮差や残留応力による歪やひび割れを無くし、かつボラスで無い高精度の無機誘電体を被覆することで大きく耐久性を向上させることができる。

【0185】

また、高温下での金属母材に対する誘電体被覆による電極製作において、少なくとも基材と接する側の誘電体を研磨仕上げすること、更に電極の金属母材と誘電体間の熱膨張の差をなるべく小さくすることが必要であり、そのため製作方法において、母材表面に、応力を吸収できる層として泡混入量をコントロールして無機質の材料をライニングする、特に材質としてはほうろう等で知られる溶融法により得られるガラスであることが良く、更に導電性金属母材に接する最下層の泡混入量を20～30体積%とし、次層以降を5体積%以下とすることで、緻密でかつひび割れ等が発生しない良好な電極ができる。

【0186】

また、電極の母材に誘電体を被覆する別の方法として、セラミックスの溶射を空隙率10体積%以下まで緻密に行い、更にゾルゲル反応により硬化する無機質の材料にて封孔処理を行うことであり、ここでゾルゲル反応の促進には、熱硬化やUV硬化が良く、更に封孔液を希釈し、コーティングと硬化を逐次で数回繰り返すと、よりいっそう無機質化が向上し、劣化の無い緻密な電極ができる。

【0187】

電極に印加される電圧の値は適宜決定されるが、例えば、電圧が0.5～10kV程度で、電源周波数は100kHzを越えて150MHz以下に調整される。又、 1 W/cm^2 以上の電力を電極間に供給し、それらの間に放電を生じさせると良い。ここで電源の印加法に関しては、連続モードと呼ばれる連続サイン波状の連続発振モードとパルスモードと呼ばれるON/OFFを断続的に行う断続発振モードのどちらを採用しても良いが、連続モードの方がより緻密で良質な膜が得られる。

【0188】

また、プラズマ状態での処理時の基材への影響を最小限に抑制するために、プラズマ状態での処理時の基材の温度を常温 ($15\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 25\text{ }^{\circ}\text{C}$) ～ $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ 未満の温度に調整すること

20

30

40

50

が好ましく、更に好ましくは常温～100℃に調整することである。上記の温度範囲に調整するため、必要に応じて電極、基材は冷却手段で冷却しながらプラズマ状態で処理される。

【0189】

図14は、大気圧プラズマ法を実行できるプラズマ放電処理装置の概略構成図である。図14において、金属母材20に誘電体21を被覆したスリット状の放電空間22に、図の上部から不活性ガスおよび反応性ガスの混合ガスを導入し、電源37により高周波電圧を印加することにより前記反応性ガスをプラズマ状態とし、該プラズマ状態の反応性ガスを光学部品の素材14上に噴射することにより、その表面上にコーティング膜を形成する。

【0190】

図15は、特に、基材がある程度薄い場合（例えば5mm以下）に好適な大気圧プラズマ法を実行できる別なプラズマ放電処理装置の概略構成図である。図15に示すような平行平板型のプラズマ放電処理装置50は、曲げることができる基材でも使用可能である。より具体的に、プラズマ放電処理装置50を説明する。

【0191】

プラズマ放電処理装置50は、電源37、電極51等から概略構成されており、電極51は、上側平板電極51Aと下側平板電極51Bとを有する。上側平板電極51Aと下側平板電極51Bとは上下に対向して配置されている。

【0192】

上側平板電極51Aは、複数の略矩形状の平板電極51a、・・・が左右方向に隣接配置されてなるものであり、隣接する平板電極51a、51a間の隙間の各々が、ガス流路部52とされている。上側平板電極51Aの上方には、ガス供給部53が設けられており、ガス供給部53から反応性ガスや不活性ガスが、各ガス流路部52内に供給されて、下側平板電極51Bとの間に噴出される。

【0193】

下側平板電極51Bは、アースに接地されており、基材14をその表面に装着し、且つ基材14と一体で、ガス流路部52に対して交差方向に往復移動できるようになっている。従って、下側平板電極51Bが移動することにより、上側平板電極51Aと下側平板電極51Bとの間で、プラズマ状態が形成され、基材14に成膜が行われることとなる。このように、基材14を移動させることによって、放電面積より大面積の基材に対しても成膜を行うことができる。

【0194】

本発明においては、上記のプラズマ状態での処理が大気圧または大気圧近傍で行われるが、ここで大気圧近傍とは、20kPa～110kPaの圧力を表すが、本発明に記載の効果好ましく得るためには、93kPa～104kPaが好ましい。

【0195】

また、放電用電極においては、電極の少なくとも基材と接する側のJIS B 0601で規定される表面粗さの最大高さ(Rmax)が10μm以下になるように調整されることが、本発明に記載の効果を得る観点から好ましいが、更に好ましくは、表面粗さの最大値が8μm以下であり、特に好ましくは、7μm以下に調整することである。また、JIS B 0601で規定される中心線平均表面粗さ(Ra)は0.5μm以下が好ましく、更に好ましくは0.1μm以下である。

【0196】

次に、本大気圧プラズマ法による成膜形成方法に係る混合ガスについて説明する。使用するガスは、基材上に設けようとするハーフミラー膜の種類によって異なるが、基本的に、不活性ガスと、膜を形成するための反応性ガスとの混合ガスである。反応性ガスは、混合ガスに対し、0.01～10体積%含有させることが好ましい。薄膜の膜厚としては、0.1nm～1000nmの範囲の薄膜が得られる。

【0197】

上記不活性ガスは周期表の第18属元素、具体的にはヘリウム、ネオン、アルゴン、クリ

プトン、キセノン、ラドン等が挙げられるが、本実施の形態に記載の効果を得るためには、ヘリウム、アルゴンが好ましく用いられる。

【 0 1 9 8 】

反応性ガスは以下のものを用いることが可能である。合金半透過膜（例えばハーフミラー膜として使用される）の場合、Au、Ag、Cu、Pt、Ni、Pd、Se、Te、Rh、Ir、Ge、Os、Ru、Cr、W、Ir、Sn、Znを含有する有機金属化合物を用いることができる。このとき反応系は還元雰囲気で行う。また、屈折率の異なる層を積層した誘電体膜の場合、例えば、有機フッ素化合物、珪素化合物（低屈折率層）またはチタン化合物（高屈折率層）を含有する反応性ガスを用いることにより設けることができる。

【 0 1 9 9 】

有機フッ素化合物としては、フッ化炭素ガス、フッ化炭化水素ガス等が好ましく用いられる。フッ化炭素ガスとしては、4フッ化炭素、6フッ化炭素、具体的には、4フッ化メタン、4フッ化エチレン、6フッ化プロピレン、8フッ化シクロブタン等が挙げられる。また、フッ化炭化水素ガスとしては、2フッ化メタン、4フッ化エタン、4フッ化プロピレン、3フッ化プロピレン等が挙げられる。

【 0 2 0 0 】

更に、1塩化3フッ化メタン、1塩化2フッ化メタン、2塩化4フッ化シクロブタン等のフッ化炭化水素化合物のハロゲン化物やアルコール、酸、ケトン等の有機化合物のフッ素置換体を用いることができるがこれらに限定されない。また、これらの化合物が分子内にエチレン性不飽和基を有していてもよく、さらに、これらの化合物は単独でも混合して用

【 0 2 0 1 】

混合ガス中に上記記載の有機フッ素化合物を用いる場合、プラズマ状態での処理により基材上に均一な薄膜を形成する観点から、混合ガス中の有機フッ素化合物の含有率は、0.1～10体積％であることが好ましいが、更に好ましくは、0.1～5体積％である。

【 0 2 0 2 】

また、本実施の形態に係る有機フッ素化合物が常温、常圧で気体である場合は、混合ガスの構成成分として、そのまま使用できるので最も容易に本実施の形態の方法を遂行することができる。しかし、有機フッ素化合物が常温・常圧で液体又は固体である場合には、加熱、減圧等の方法により気化して使用すればよく、また、又、適切な溶剤に溶解して用

【 0 2 0 3 】

混合ガス中に上記記載のチタン化合物を用いる場合、プラズマ状態での処理により基材上に均一な層を形成する観点から、混合ガス中のチタン化合物の含有率は、0.1～10体積％であることが好ましいが、特に好ましくは、0.1～5体積％である。

【 0 2 0 4 】

また、上記記載の混合ガス中に水素ガスを0.1～10体積％含有させることにより膜の硬度を著しく向上させることができる。

【 0 2 0 5 】

さらに、混合ガス中に酸素、オゾン、過酸化水素、二酸化炭素、一酸化炭素、水素、窒素から選択される成分を0.01～5体積％含有させることにより、反応促進され、かつ、緻密で良質な膜を形成することができる。

【 0 2 0 6 】

上記記載の珪素化合物、チタン化合物としては、取り扱い上の観点から金属水素化合物、金属アルコキシドが好ましく、腐食性、有害ガスの発生がなく、工程上の汚れなども少ないことから、金属アルコキシドが好ましく用いられる。

【 0 2 0 7 】

また、上記記載の珪素化合物、チタン化合物を放電空間である電極間に導入するには、両者は常温常圧で、気体、液体、固体いずれの状態であっても構わない。気体の場合は、そのまま放電空間に導入できるが、液体、固体の場合は、加熱、減圧、超音波照射等の手段

により気化させて使用される。珪素化合物、チタン化合物を加熱により気化して用いる場合、テトラエトキシシラン、テトライソプロポキシチタンなど、常温で液体で、沸点が200℃以下である金属アルコキシドがハーフミラー膜の形成に好適に用いられる。上記金属アルコキシドは、溶媒によって希釈して使用されても良く、溶媒は、メタノール、エタノール、*n*-ヘキサンなどの有機溶媒及びこれらの混合溶媒が使用できる。尚、これらの希釈溶媒は、プラズマ状態での処理中において、分子状、原子状に分解される為、樹脂基材上への層の形成、層の組成などに対する影響は殆ど無視することができる。

【0208】

上記記載の珪素化合物としては、例えば、ジメチルシラン、テトラメチルシランなどの有機金属化合物、モノシラン、ジシランなどの金属水素化合物、二塩化シラン、三塩化シランなどの金属ハロゲン化合物、テトラメトキシシラン、テトラエトキシシラン、ジメチルジエトキシシランなどのアルコキシシラン、オルガノシランなどを用いることが好ましいがこれらに限定されない。また、これらは適宜組み合わせ用いることができる。

【0209】

混合ガス中に上記記載の珪素化合物を用いる場合、プラズマ状態での処理により基材上に均一な層を形成する観点から、混合ガス中の珪素化合物の含有率は、0.1～10体積%であることが好ましいが、更に好ましくは、0.1～5体積%である。

【0210】

上記記載のチタン化合物としては、テトラジメチルアミノチタンなどの有機金属化合物、モノチタン、ジチタンなどの金属水素化合物、二塩化チタン、三塩化チタン、四塩化チタンなどの金属ハロゲン化合物、テトラエトキシチタン、テトライソプロポキシチタン、テトラブトキシチタンなどの金属アルコキシドなどを用いることが好ましいがこれらに限定されない。

【0211】

また、上記記載のタンタル化合物としては、テトラジメチルアミノタンタルなどの有機金属化合物、モノタンタル、ジタンタルなどの金属水素化合物、二塩化タンタル、三塩化タンタル、四塩化タンタルなどの金属ハロゲン化合物、テトラエトキシタンタル、テトライソプロポキシタンタル、テトラブトキシタンタルなどの金属アルコキシドなどを用いることが好ましいがこれらに限定されない。

【0212】

また、上記記載のアルミニウム化合物としては、テトラジメチルアミノアルミニウムなどの有機金属化合物、モノアルミニウム、ジアルミニウムなどの金属水素化合物、二塩化アルミニウム、三塩化アルミニウム、四塩化アルミニウムなどの金属ハロゲン化合物、テトラエトキシアルミニウム、テトライソプロポキシアルミニウム、テトラブトキシアルミニウムなどの金属アルコキシドなどを用いることが好ましいがこれらに限定されない。

【0213】

反応性ガスに有機金属化合物を添加する場合、例えば、有機金属化合物としてLi, Be, B, Na, Mg, Al, Si, K, Ca, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Mo, Cd, In, Ir, Sn, Sb, Cs, Ba, La, Hf, Ta, W, Tl, Pb, Bi, Ce, Pr, Nd, Pm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Luから選択される金属を含むことができる。より好ましくは、これらの有機金属化合物が金属アルコキシド、アルキル化金属、金属錯体から選ばれるものが好ましい。

【0214】

本実施の形態において、誘電体膜では、屈折率が1.85～2.60の酸化チタンを主成分とする高屈折率層および屈折率が1.30～1.57の酸化ケイ素を主成分とする低屈折率層を樹脂基材またはガラス基材表面に連続して設けることが好ましい。直ちにプラズマ状態での処理によって高屈折率層及び低屈折率層を設けることが、より膜と樹脂基材との密着性を高め、クラックの発生を低減することになる。また、高屈折率層においては、酸化チタンを主成分とし、屈折率が2.2以上であることが特に好ましい。

【 0 2 1 5 】

本実施の形態において、誘電体膜では、高屈折率層及び低屈折率層の炭素含有率は、ともに 0.2～5 質量%であることが下層との密着性と膜の柔軟性（クラック防止）のために好ましい。より好ましくは炭素含有率は 0.3～3 質量%である。すなわち、プラズマ状態での処理によって形成された層は有機物（炭素原子）を含んでいるため、その範囲が膜に柔軟性を与えるため、膜の密着性に優れ好ましい。炭素の比率が多くなりすぎると経時で屈折率が変動しやすくなる傾向があり、好ましくない。

【 0 2 1 6 】

次に、具体的な実施例を比較例と比較しながら説明する。

（比較例 1）

まず、比較例 1 として、断面を図 10 に示すように、光線見込み角が大きな半球状レンズ L の光学面 La に対して、真空蒸着で表 7 に示す条件で反射防止膜をコーティングした。頂点 A における分光特性と、面の法線方向が光軸と 45°をなす B 点の分光特性を図 11 に示す。

【表 7】

	膜材料	光学膜厚
2 層目	SiO ₂	0.322λ ₀
1 層目	TiO ₂	0.080λ ₀
レンズ	非晶質ポリオレフィン系樹脂	

*設計波長 λ₀=650nm

【 0 2 1 7 】

頂点 A では、反射防止膜は波長 650 nm に対して最小反射率が得られているが、B 点では膜厚が薄くなっており、最小反射率の波長がより短波長側に移動し、波長 650 nm での反射率が増加している。

【 0 2 1 8 】

（実施例 1）

比較例 1 と同様に、基材としてのレンズ L は樹脂製であり、非晶質ポリオレフィン系樹脂（日本ゼオン株式会社製 Zeonex）を用いており、曲面である光学面 La 上に、順に酸化チタンを主成分とする 1 層目を形成し、その上に酸化ケイ素を主成分とする 2 層目を形成して、2 層構成の反射防止膜を形成した。この際、光学面 La に、大気圧プラズマ法にて反射防止膜をコーティングした。膜厚も比較例 1 と同じにした。大気圧プラズマ法の成膜条件は表 8 の通りであった。比較例 1 と同様に、頂点 A と周辺の B 点との 2 点で分光特性を測定した結果を図 12 に示す。図 12 によれば、最小反射率の波長が接近しており、レンズ L の光学面 La に均一な膜厚の膜が形成されたことがわかる。従って、真空蒸着法と比較し、大気圧プラズマ法による成膜処理では、中心部と周辺部での反射率の差を少なくすることができることが立証された。また、得られた反射防止膜は緻密で硬度も高く、基材との接着性も極めて良好であった。更に、2 層目の酸化シリコン層の表面に、ジメチルジエトキシシランを用いて同様に表面層を形成すると、撥水性、防汚性の優れた反射防止コートが得られた。

【表 8】

膜材料	反応性ガス	用不活性ガス	不活性ガス	RF 周波数	RF 出力(電力)
SiO ₂	TEOS	O ₂	He	13.56MHz	2 W/cm ²
TiO ₂	TTIP	O ₂	He	13.56MHz	5 W/cm ²

TEOS: テトラメトキシシラン
TTIP: チタンテトライソプロポキシ

【 0 2 1 9 】

以上の例では 1 枚のレンズを取り上げたが、曲面が連続的あるいは断続的に並んでいるようなマイクロレンズシートなどにも膜厚の均一化、素子全体にわたる光学特性実現について大きな効果が期待できる。 10

【 0 2 2 0 】

(比較例 2)

図 1 3 に、本発明者らが行った別な実験に用いた導光板の断面を示す。導光板 S の上方部には、等間隔に平行に並ぶ直方体形凸状部 S a が形成されている。ここでは、4 層からなる反射防止膜を、スパッタリング法により形成した。その設計値を表 9 に示す。

【表 9】

	膜材料	光学膜厚 (nm)
4 層目	SiO ₂	0.249λ ₀
3 層目	TiO ₂	0.515λ ₀
2 層目	SiO ₂	0.092λ ₀
1 層目	TiO ₂	0.060λ ₀
導光板	非晶質ポリメタクリレート系樹脂	

* 設計波長λ₀=650nm

【 0 2 2 1 】

コート後の断面形状を電子顕微鏡で観察したところ、凸状部 S a 上の点 A、隣接する凸状部 S a、S a 間の中心点 B、凸状部 S a の側面における点 C では、膜厚について表 1 0 に示すような不均一が見られ、設計値から予想される反射防止性能は期待できない状態であった。

【表 1 0】

測定点	相対膜厚
A	1
B	0.65
C	0.40

〔実施例 2〕

比較例 2 と同様に、基材としての導光板 S は樹脂製であり、非晶質ポリオレフィン系樹脂（J S R 株式会社製アートン）を用いており、規則的な凹凸パターンを有する面上に反射防止膜を形成した。この際、比較例 2 とは異なり、大気圧プラズマ法（図 1 5 に示すプラズマ放電処理装置 5 0 を使用）にて反射防止膜をコーティングした。表 1 1 の設計値に基づき、実施例 1 と同じ成膜条件で膜を作成した。比較例 2 と同様に 3 点の膜厚を観察したところ、表 1 2 のような結果が得られた。また、得られた反射防止膜は緻密で硬度も高く、基材との接着性も極めて良好であった。

【表 1 1】

	膜材料	光学膜厚 (nm)
4 層目	SiO ₂	0.247λ ₀
3 層目	TiO ₂	0.517λ ₀
2 層目	SiO ₂	0.093λ ₀
1 層目	TiO ₂	0.059λ ₀
導光板	非晶質ポリオレフィン系樹脂	

* 設計波長 λ₀=650nm

【表 1 2】

測定点	相対膜厚
A	1
B	0.9
C	0.75

【0223】

表 1 0、表 1 2 から、実施例 2 では、比較例 2 に比べ大きく膜厚分布がより均一化されていることがわかる。このようにパターン形状を有する素子に、大気圧プラズマ法を用いて成膜をすることで膜厚の均一化、素子全体にわたる安定した光学特性の実現について大きな効果が期待できる。

【0224】

次に、本発明の表面処理方法を好ましく適用できる基材の形状について記載する。曲面を有する基材として、球面もしくは非球面形状の光学面を有す単体レンズの場合、図 1 6 (a) に示す様に、有効光学面直径を D (mm)、有効光学面の光軸上の厚みを T (mm) とすると、下記式を満足した時に、本発明の表面処理方法の効果をより発揮できる。

$$0 < D \leq 300 \quad (1)$$

$$0 < T/D \leq 1.0 \quad (2)$$

更に、単体レンズの光学面に段差 $10\ \mu\text{m}$ 以下の輪带状段差の、例えば回折輪帯がある場合は、本発明の効果をより発揮できる。

【0225】

特に、光ピックアップ用レンズの場合、下記式を満たす場合が多い。

$$1 \leq D \leq 10 \quad (9)$$

$$0.2 \leq T/D \leq 0.5 \quad (10)$$

本表面処理によって、レンズ有効面に膜厚の均一性の高い膜が形成出来る。更にレンズを複数個並べ同時に表面処理可能となる。例えば反射防止膜を形成する時は、レンズ有効面全域で良好な反射防止機能を得る事が出来る。又、ハードコート膜を形成する時は、レンズ全面に耐擦性の高い膜形成が可能となる。尚、親水性コート膜、撥水性コート膜、防汚性コート膜についても同様である。

【0226】

図16(b)は球面もしくは非球面形状の光学面を有すレンズが、平面上にアレイ状に配置された構成を示す。レンズ部直径を D_i (mm)、レンズ部厚みを T_i (mm)、アレイピッチを L_i (mm) とすると、下記式を満足した時に、本発明の効果をより発揮できる。

$$0 < D_i \leq 300 \quad (3)$$

$$0 < T_i/D_i \leq 1.0 \quad (4)$$

$$0 < L_i \leq 200 \quad (5)$$

なお、 D_i 、 T_i 、 L_i は1種類ではなく、一枚の基板上に複数種の形状が共存しても良い。

【0227】

特に、マイクロレンズアレイの場合、下記式を満たすことで、本発明の効果をより発揮できる。

$$10\ \mu\text{m} \leq D_i \leq 2\text{mm} \quad (6)$$

$$0.2 \leq T_i/D_i \leq 0.5 \quad (7)$$

$$10\ \mu\text{m} \leq L_i \leq 5\text{mm} \quad (8)$$

本表面処理によって、十分な同様な効果が得られる。

【0228】

更に、導光板、導波路基板、偏光フィルター、位相フィルター、光学フィルター、回折格子光学部品等の基材の平面または曲面に凹凸形状を設ける場合、本発明の表面処理方法を好ましく適用できる。

【0229】

図17(a)に示すような鋸歯形状、あるいは、図17(b)に示すような矩形形状(階段状)の場合、高さを H_i (mm)、幅を W_i (mm)、ピッチを P_i (mm) とすると、下記式を満足した時に、本発明の効果をより発揮できる。

$$0 < P_i \leq 30 \quad (11)$$

$$0 < H_i/P_i \leq 3.0 \quad (12)$$

なお、 H_i 、 W_i 、 P_i は1種類ではなく、一枚の基板上に複数種の形状(P_k 等)が共存しても良い。例えば、図17(b)の場合、下記式を満足することが好ましい。

$$0 < W_i < P_i, P_k \quad (13)$$

【0230】

特に、導光板の場合、下記式を満たすことで、本発明の効果をより発揮できる。

$$0.05\text{mm} < P_i \leq 2\text{mm} \quad (14)$$

$$0.01 < H_i/P_i \leq 0.1 \quad (15)$$

本表面処理法で、表面に反射防止膜又はハーフミラー膜を形成する時、膜厚均一性の高い膜が形成される。液晶表示素子の背面光源用導光板に使用した時、輝度ムラの少ない良好な表示素子が得られる。

【0231】

図17(c)に示すプリズム形状の場合は、高さを H (mm)、幅を W (mm) とすると

、下記式を満足した時に、本発明の効果をより発揮できる。

$$0 < W \leq 3.0 \quad (16)$$

$$0 < H/W \leq 3.0 \quad (17)$$

【0232】

特にマイクロプリズムの場合、下記式を満たす場合が多い。

$$0.05 \leq W \leq 4.0 \quad (18)$$

$$0.05 \leq H \leq 4.0 \quad (19)$$

導光板の場合と同様に、表面に膜厚均一性の高い、反射防止膜、ハーフミラー膜、又はダイクロ膜の様な波長分離膜、親水性コート膜、撥水性コート膜、防汚性コート膜を形成する事が可能であり、又、複数のマイクロプリズムを並べて同時に表面処理が可能となる。 10

【0233】

図19に、球面もしくは非球面形状の光学面上に凹凸形状を設けた例を示す。特に光ピックアップレンズ表面に、鋸歯形状の凹凸を光軸に対して同芯円状にする時、高さを H_i と、ピッチを P_i (mm) について、下記式を満足させた時に、本発明の効果をより発揮できる。

$$0.001 \text{ mm} \leq P_i \leq 0.1 \text{ mm}, H_i : \text{数 } \mu\text{m}$$

本表面処理法で、表面に反射防止膜等を形成する時、鋸歯形状の表面に高い均一膜厚で膜形成が出来る。鋸歯形状の変形による光学特性の低下が防止出来る。尚、図18に示すように、鋸歯形状と矩形形状とは混在させてもかまわない。

【0234】

以上、本発明を実施の形態を参照して説明してきたが、本発明は上記実施の形態に限定して解釈されるべきではなく、適宜変更・改良が可能であることはもちろんである。 20

【0235】

【発明の効果】

本発明によれば、処理される面形状に関わらず、より均一な成膜を行える表面処理方法及びそれにより成膜される光学部品を提供でき、更に、処理される面を固定したままでも、より均一な成膜を行える表面処理方法及びそれにより成膜される光学部品を提供でき、更に又、大気圧下でも、均一な成膜を行える表面処理方法及びそれにより成膜される光学部品を提供できる。

【図面の簡単な説明】 30

【図1】プラズマ処理装置30を示す斜視図である。

【図2】プラズマ処理装置40を示す斜視図である。

【図3】スパッタリング法により成膜を行ったレンズの断面図である。

【図4】基材上に形成した誘電体ハーフミラー膜の実測の透過率及び反射率を示すグラフである。

【図5】基材上に形成した誘電体ハーフミラー膜の実測の透過率及び反射率を示すグラフである。

【図6】基材上に形成した誘電体ハーフミラー膜の実測の透過率及び反射率を示すグラフである。

【図7】基材上に形成した誘電体ハーフミラー膜の実測の透過率及び反射率を示すグラフ 40 である。

【図8】基材上に形成した誘電体ハーフミラー膜の実測の透過率及び反射率を示すグラフである。

【図9】基材上に形成した誘電体ハーフミラー膜の実測の透過率及び反射率を示すグラフである。

【図10】本発明者らが実験に供試したレンズの断面図である。

【図11】レンズLにおける頂点Aと面の法線方向が光軸と 45° をなすB点の分光特性を示す図である。

【図12】レンズLにおける頂点Aと面の法線方向が光軸と 45° をなすB点の分光特性を示す図である。

【図 1 3】本発明者らが実験に供試した導光板の断面図である。

【図 1 4】大気圧プラズマ法を実行できる別なプラズマ放電処理装置の概略構成図である。

【図 1 5】基材がある程度薄い場合（例えば 5 mm 以下）に好適な大気圧プラズマ法を実行できる別なプラズマ放電処理装置の概略構成図である。

【図 1 6】基材の形状の例を示す図である。

【図 1 7】基材の形状の例を示す図である。

【図 1 8】基材の形状の例を示す図である。

【図 1 9】基材の形状の例を示す図である。

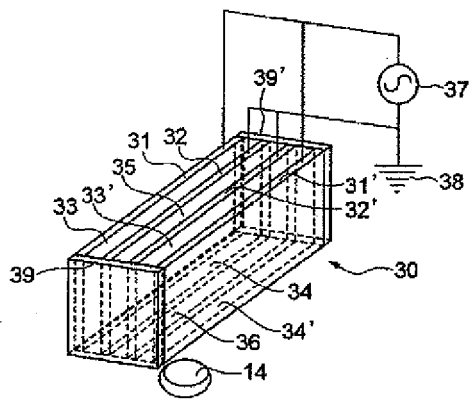
【符号の説明】

1 4 光学部品の素材

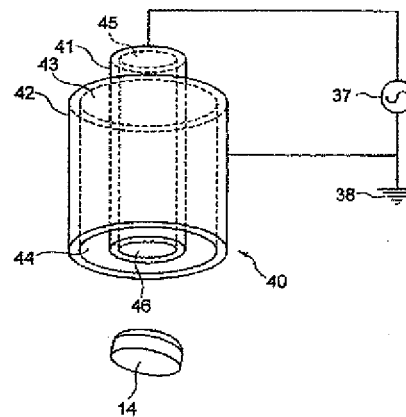
3 0、4 0、5 0 プラズマ放電処理装置

10

【図 1】



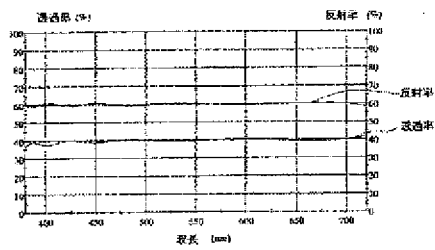
【図 2】



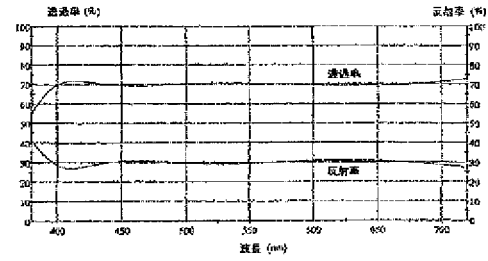
【図 3】



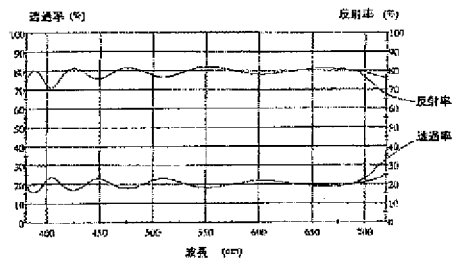
【 図 4 】



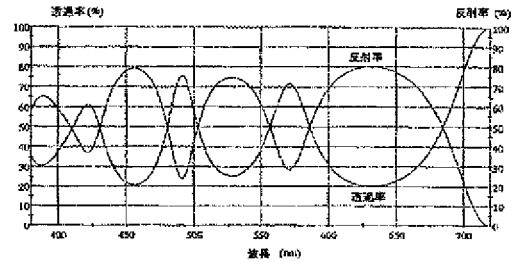
【 図 6 】



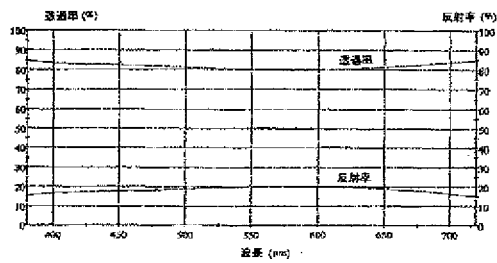
【 図 5 】



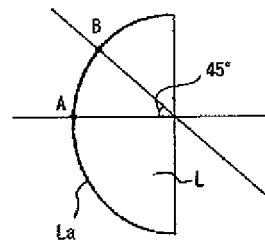
【 図 7 】



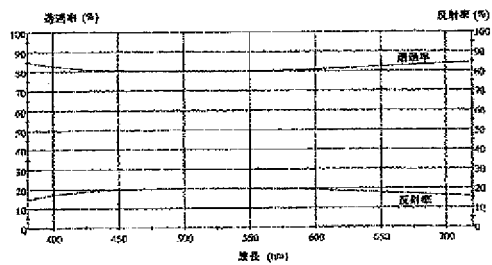
【 図 8 】



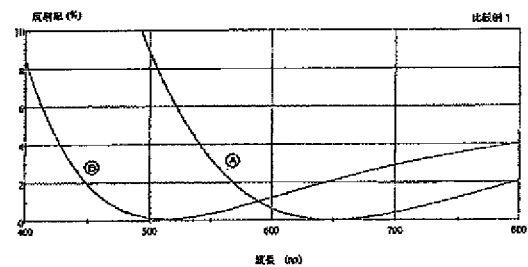
【 図 10 】



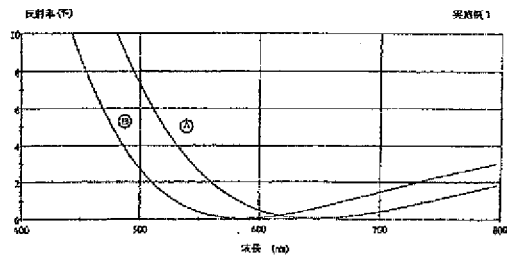
【 図 9 】



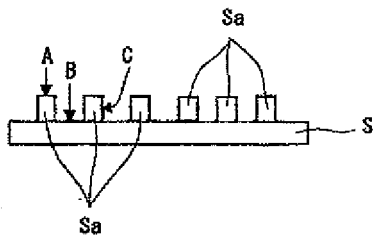
【 図 11 】



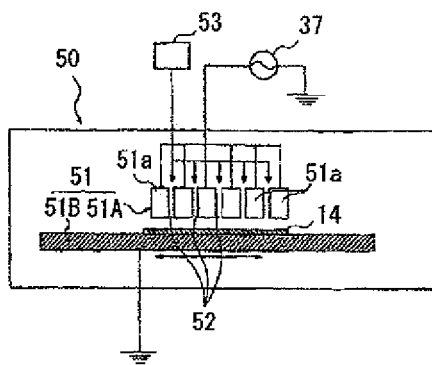
【 図 1 2 】



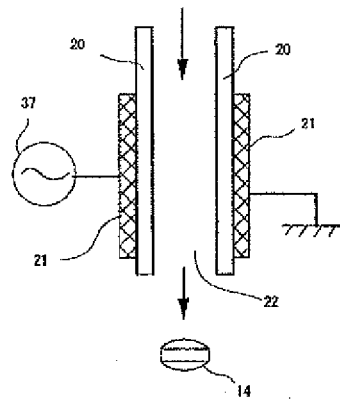
【 図 1 3 】



【 図 1 5 】

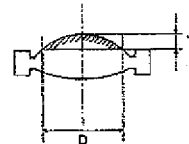


【 図 1 4 】

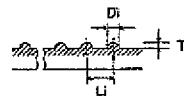


【 図 1 6 】

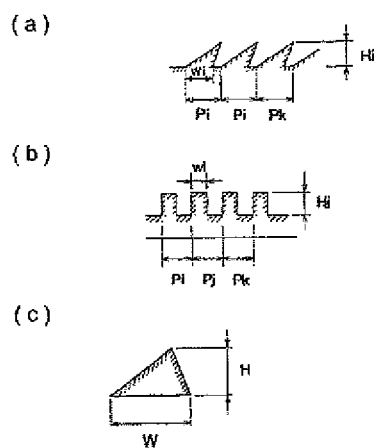
(a)



(b)



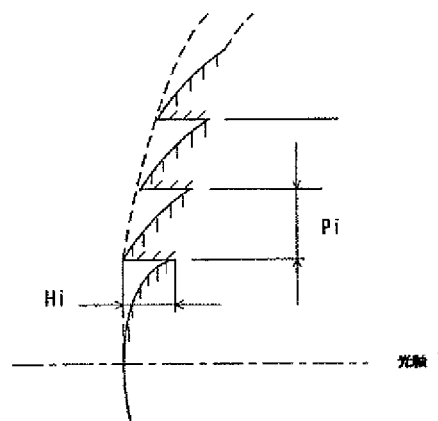
【 図 1 7 】



【 図 1 8 】



【 図 1 9 】



フロントページの続き

(72)発明者 平山 博士

東京都八王子市石川町2970番地 コニカオプト株式会社内

Fターム(参考) 2K009 AA02 AA15 BB02 BB11 CC03 DD01 DD04 EE02 EE03 EE05

4K030 CA07 FA03 JA09 LA01 LA11